

---

107a

**RAFA**



# 107a Reunión de la Asociación Física Argentina

27 al 30 de septiembre de 2022  
San Carlos de Bariloche, Argentina

**107° RAFA - 2022**



**BARILOCHE**



## AUTORIDADES

### Comisión Directiva de la Asociación Física Argentina

#### Presidente

Gustavo Alberto Monti

#### Secretario

Sergio Alejandro Cannas

#### Tesorero

Tomás Sebastián Grigera

#### Vocales

Filial	Titulares	Suplentes
Bariloche	Cecilia Ventura	Analía Zwick
Buenos Aires	Laura Morales	Joaquín Sacanell
Córdoba	Alberto E. Wolfenson	Jorge E. Pérez
La Plata	Carlos M. Carlevaro	Daniel A. Gómez Dumm
San Luis	Rodolfo D. Porasso	Marcelo S. Nazarro
Santa Fe	Evelina García	Carlos E. Repetto
Filial Sur	Hilda Angela Larrondo	Patricia M. Benedetti
Tucumán	Luis Issolio	Teresita del Valle Roldán

#### Revisores de Cuentas

Titulares:	Guillermo Zarragoicoechea	Marcela Taylor
Suplentes:	Arles V. Gil Rebaza	Marta Trovo

#### Comité Organizador Local

Coordinador:	Diego Mazzitelli	
Vicecoordinadores:	Cecilia Ventura	Gonzalo Torroba
Gerardo Aldazábal	Gonzalo Alvarez	Mariana Di Tada
Mariano Gómez Berisso	Melisa Giménez	Alejandro Kolton
María T. Malachevsky	Luis Moyano	Pablo Pedrazzini
Susana Ramos	Daniela Valdez	Analía Zwick

#### Comité Científico

Coordinadora:	Gladys Nieva	
María Silvia Gravielle	Alfredo Juan	Javier Schmidt
Guillermo Silva	Mónica Tirado	Fernando Bulnes
Karina Chattah		



## PROGRAMA RAFA 107 - Bariloche

( 11 Sept. 2022 )

 107ª RAFA - 2022	MARTES 27/9		MIÉRCOLES 28	JUEVES 29	VIERNES 30
	8 hs - Salida Micros al CAB		8 hs - Salida Micros al CAB	8 hs - Salida Micros al CAB	8 hs - Salida Micros al CAB
8:30 - 9:45	Acreditación + Coffee-break de bienvenida ( Gimnasio CAB )	8:45 - 9:45	Plenaria 3 : D. Arbó	Plenaria 6 : A. Elías	Plenaria 9 : M. Huerta
9:45 - 10	Bienvenida / APERTURA RAFA 107	9:45 - 10:45	Plenaria 4 : C. Meriles	Plenaria 7 : Y. Fasano	Plenaria 10 : E. Leiva
10 - 11	Plenaria 1 : J. L. Barrat	10:45-11:15	Coffee-break	Coffee-break	Coffee-break
11 - 12	Plenaria 2 : A. Rakovich	11:15-12:15	Plenaria 5 : G. Santa Cruz	Plenaria 8 : L. Ramírez (Premio Giambiagi)	Plenaria 11 : M. San Miguel
12 - 14	ALMUERZO	12:15 - 14	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO
14 a 16	CHARLAS de DIVISIÓN	14-16	CHARLAS de DIVISIÓN	CHARLAS de DIVISIÓN	14 a 16 MESA REDONDA : " Liderazgo y Género ", Ana Franchi , Verónica Garea , Luz Lardone, y Adriana Serquis. Moderan: Luctana Bruno y Fabiana Laguna (Subcomisión de Género - AFA)
16 - 16:30	Coffee-break	16-16:30	Coffee-break	Coffee-break	16 - 16:15 CIERRE RAFA
16:30- 18:30	POSTERS	16:30-18:30	POSTERS	16:30 - 19:30 ASAMBLEA	16:15 - 16:45 hs : Coffee-break de despedida
	18:45 hs - Salida Micros desde el CAB		18:45 hs - Salida Micros desde el CAB	19:45 hs - Salida Micros desde el CAB	17 hs - Salida Micros desde el CAB
	20 hs ( Centro Cívico - 1er Piso de Biblioteca Sarmiento) CHARLA DE DIVULGACIÓN G. Abramson (CAB - IB )		20 hs ( Centro Cívico - 1er Piso de Biblioteca Sarmiento) CHARLA DE DIVULGACIÓN L. Mogni (CAB), M.Herrera (YTEC)	21 hs - Cena de Camaradería, en: BEC ( España 415, tel. 2944420549 )	

[\*] Mie-Jue-Vie 13:30-13:50 Otras Actividades.

## UBICACIÓN DE LA SEDE



**Centro Atómico Bariloche CNEA: Av. Bustillo 9500, 8400 S. C. de Bariloche**



# CENTRO ATÓMICO BARILOCHE



107º RAFA - 2022



## REFERENCIAS INSTALACIONES CAB

- A** GIMNASIO | INSCRIPCIÓN ALMUERZO ¶
- B** COMEDOR NORTE | COFFEE BREAK ☕ ALMUERZO ¶
- C** INSTITUTO BALSEIRO | AULAS NUEVAS AULA FALICOV AULA EX BIBLIOTECA
- D** PABELLÓN GUIDO BECK | SALÓN DE ACTOS SECRETARÍA AULAS COFFEE BREAK ☕
- E** PABELLÓN EGIPCIOS | AULAS
- F** UAIN C | AUDITORIO
- G** INVESTIGACIÓN APLICADA | COFFEE BREAK ☕ COMEDOR SUR ¶ AULAS
- H** TELECOMUNICACIONES | POSTERS - 3º PISO

## INFORMACIÓN DE CONTACTO

rafa107.bariloche@gmail.com  
 rafa2022.fisica.org.ar



# Índice general

<b>CONFERENCIAS, MESA REDONDA, Y OTRAS ACTIVIDADES</b>	<b>3</b>
Charlas plenarias . . . . .	4
Premio J J Giambiagi . . . . .	9
Charlas de Divulgación . . . . .	12
Mesa Redonda . . . . .	14
Otras Actividades . . . . .	15
Asamblea . . . . .	17
<b>DIVISIONES</b>	<b>19</b>
<b>Agua, Tierra y Atmósfera</b>	<b>19</b>
Charlas . . . . .	19
Sesiones de Posters . . . . .	25
<b>Enseñanza de la Física</b>	<b>43</b>
Charlas . . . . .	43
Sesiones de Posters . . . . .	50
<b>Física Atómica y Molecular</b>	<b>72</b>
Charlas . . . . .	72
Sesiones de Posters . . . . .	78
<b>Fundamentos e Información Cuántica</b>	<b>106</b>
Charlas . . . . .	106
Sesiones de Posters . . . . .	116
<b>Física Médica</b>	<b>132</b>
Charlas . . . . .	132
Sesiones de Posters . . . . .	154

<b>Física Nuclear</b>	<b>199</b>
Charlas . . . . .	199
<b>Fotónica y Óptica</b>	<b>206</b>
Charlas . . . . .	206
Sesiones de Posters . . . . .	218
<b>Fluídos y Plasmas</b>	<b>279</b>
Charlas . . . . .	279
Sesión de Posters . . . . .	286
<b>Industria y Tecnología</b>	<b>297</b>
Charlas . . . . .	297
Sesiones de Posters . . . . .	314
<b>Materia Blanda</b>	<b>367</b>
Charlas . . . . .	367
Sesiones de Posters . . . . .	387
<b>Materia Condensada</b>	<b>426</b>
Charlas . . . . .	426
Sesiones de Posters . . . . .	446
<b>Mecánica Estadística, Física No Lineal y Sistemas Complejos</b>	<b>558</b>
Charlas . . . . .	558
Sesiones de Posters . . . . .	570
<b>Partículas y Campos</b>	<b>612</b>
Charlas . . . . .	612
Sesión de Posters . . . . .	619
<b>Índice de Autores</b>	<b>632</b>

CONFERENCIAS, MESA REDONDA  
Y OTRAS ACTIVIDADES

## CHARLAS PLENARIAS

Todas las charlas plenarias tendrán lugar en el Salón de Actos del Instituto Balseiro y serán retransmitidas via youtube. El streaming será proyectado en simultáneo en las aulas Ex-Biblioteca, Aula de Investigación Aplicada y UAIN C.

**Martes 27 de septiembre de 2022**

10:00-11:00

Salón de Actos

Retransmitida

### **Deformation of amorphous solids, a statistical physics perspective**

Jean-Louis Barrat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Grenoble-Alpes., Lab. Interdisciplinaire de Physique, Saint Martin d'Hères, Francia

Many soft materials, such as colloidal pastes, emulsions or foams, are disordered solids that can flow under a sufficiently large applied stress. They are also described as soft glasses or yield stress fluids. I will present our current understanding, based on microscopic simulations and experiments, of the elementary mechanisms that govern the deformation and flow of these peculiar solids. I will show how these mechanisms can be incorporated into simple lattice models governed by long range elastic interactions, discuss the mean field analysis of these models as well as some fluctuation related issues such as the statistics of avalanche like events, and present an attempt to extend this description to the case of living tissues.

11:00-12:00

Salón de Actos

Retransmitida

### **Getting a handle on colloidal nanomaterials**

Aliaksandra RAKOVICH<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Physics Department, King's College London, London, Reino Unido

Many nanomaterials possess unique and highly advantageous properties for practical applications; yet their integration into technologies has been relatively limited. In part, this has been due to lack of cost-effective and scalable fabrication techniques, and in part due to a lack of deterministic control over their positioning and/or motion. In this talk I will discuss some of the experimental techniques using which colloidal nanoparticles of materials can be

controlled, either passively or actively. I will give examples of how passive techniques facilitate the fabrication of hierarchical structures made from two or more types of nanomaterials, all with pre-determined geometrical relations between each other, allowing for a superior level of control over light-matter interactions in the designed structures. I will also discuss a number of techniques that allow active control of motion of a population of sub-micro particles, facilitating their sorting based on size or their temporary concentration.

## Miércoles 28 de septiembre de 2022

8:45-9:45

Salón de Actos

Retransmitida

### Los tiempos más cortos jamás medidos: Interferencias cuánticas

Diego Arbó<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET- UBA, Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Ciclo Básico Común - Universidad de Buenos Aires, Argentina.

La interacción de ondas electromagnéticas con la materia ha sido de gran interés desde el siglo XIX y tuvo un rol fundamental en la formulación de la mecánica cuántica en la primera mitad del siglo XX. Desde la creación del láser a finales de los años '50 del siglo pasado se ha ido acortando la duración de los pulsos desde casi los milisegundos ( $1\text{ms} = 10^{-3}\text{ s}$ ) en su comienzo, hasta cruzar la barrera de los femtosegundos ( $1\text{fs} = 10^{-15}\text{ s}$ ) hoy en día. Sustancial fue el aporte de, por ejemplo, Gérard Mourou y Donna Strickland por sus métodos de generación de pulsos ópticos ultracortos de alta intensidad, quienes recibieron el premio Nobel en 2018. Esto abre un nuevo campo de la física que es el estudio de la interacción de pulsos ultracortos con la materia, el cual se ha empezado a desarrollar hace menos de 20 años y se la denomina: "Attofísica" o "Física del attosegundo" ( $1\text{as} = 10^{-18}\text{ s}$ ). La trillonésima de segundo o attosegundo es el tiempo característico de las transiciones atómicas y moleculares [1-4]. La pregunta del millón (en este caso del trillón) es: ¿Se pueden medir estos tiempos? Como sabemos, la mecánica clásica no es adecuada para tratar los fenómenos ultrarrápidos que se dan en el micromundo (¿o debería decir attomundo?), por lo que debemos utilizar la mecánica cuántica. Sin embargo, el tiempo tampoco es un observable para la mecánica cuántica [5]. ¿Y entonces? En esta charla vamos a mostrar cómo hoy en día se puede acceder a los tiempos más cortos medidos a través del uso de láseres pulsados ultracortos y echar luz a preguntas simples pero de enorme dificultad teórica y tecnológica como: ¿Es la ionización un proceso instantáneo o hay un tiempo de retardo finito? ¿Cuánto tarda una partícula en atravesar una barrera de potencial por efecto túnel? Mostraremos el experimento que evaluó el tiempo más corto jamás medido: 0.247 attosegundos, lo que tarda la luz en ir de un átomo a otro en la molécula de hidrógeno [6].

- [1] G.G. Paulus et al., Nature 414, 182 (2001).
- [2] M. Drescher et at., Science 291, 1923 (2001).
- [3] R.F. Service, Science 292, 1627 (2001).
- [4] R. Moshhammer et al., Phys. Rev. Lett. 91, 113002 (2003).
- [5] S. D. López et al, Phys. Rev. A 104, 043113 (2021).
- [6] Grundmann et al., Science 370, 339 (2020).

9:45-10:45

Salón de Actos

Retransmitida

## **Activación y monitoreo óptico del transporte de carga entre centros de color individuales**

Carlos Meriles<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Martin and Michele Cohen Professor of Physics CUNY - City College of New York

La dinámica de carga en centros de color juega un rol importante no solo en estudios básicos de la física de semiconductores sino también en el desarrollo de nuevas formas de sensado a nano-escala y en el procesado de información cuántica. Partiendo desde aspectos generales de la problemática, esta presentación describe experimentos recientes combinando microscopía confocal y resonancia magnética en diamante que demuestran la activación, transporte, y captura de portadores entre centros de color individuales nitrógeno-vacancia (NV) separados por distancias de un par de micrometros. Nuestras observaciones revelan secciones eficaces de captura dos o tres órdenes de magnitud mayores que los valores típicos derivados de mediciones en ensambles, un resultado que atribuimos a la alta pureza de la muestra en uso (y la correspondiente ausencia de efectos de apantallamiento). Con la ayuda de un modelo teórico y simulaciones numéricas, también discutimos los efectos de campos eléctricos externos y la formación de estados Rydberg anclados a los centros de color (pero extendidos sobre distancias mesoscópicas). Finalmente, presentamos resultados recientes demostrando el control del estado de carga en centros NV con resolución espacial mejor que el límite de difracción, y brevemente discutimos la potencial aplicación al almacenamiento óptico de datos con alta densidad en tres dimensiones.

11:15-12:15

Salón de Actos

Retransmitida

## **Creación del Primer Laboratorio Nacional de Investigación Científica con Haces de Protones de Altas Energías**

Gustavo SANTA CRUZ <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gerencia de Área Medicina Nuclear y Radioterapia Comisión Nacional de Energía Atómica

La protonterapia se considera la forma más avanzada de radioterapia que utiliza haces de protones de altas energías para irradiar tumores. Por sus beneficios, la protonterapia se emplea actualmente para tratar diversos tipos de tumores sólidos, pudiendo ofrecer oportunidades de tratamiento de muy alta calidad para ciertas poblaciones de pacientes, como en el caso del cáncer pediátrico. En el año 2015 la CNEA se hace cargo coordinadamente con INVAP y la Universidad de Buenos Aires de la definición, construcción, comisionamiento y puesta en marcha del primer centro de protonterapia de toda Latinoamérica, el “Centro Argentino de Protonterapia”, CeArP. El CeArP poseerá dos salas de tratamiento con haces de protones tipo lápiz (Pencil Beam Scanning), dos equipos de última generación de radioterapia con fotones, equipos avanzados de diagnóstico por imágenes y un laboratorio de haces de protones de calidad equivalente a la de las salas clínicas, para contribuir a la investigación y desarrollo en protonterapia y aplicaciones en general con haces de protones de altas energías.

En esta oportunidad se presentará el proyecto CeArP en su totalidad, el cual hoy se encuentra en etapas muy avanzadas de desarrollo y se pondrá énfasis en el LAIDEP, el Laboratorio de I+D en Protonterapia, mostrando en detalle sus capacidades, sus instalaciones y laboratorios, ofreciendo ejemplos de diferentes áreas de I+D que potencialmente pueden beneficiarse, al contar con esta tecnología de haces de protones de altas energías, nueva para el país y la región.

## Jueves 29 de septiembre de 2022

8:45-9:45

Salón de Actos

Retransmitida

### **El campo magnético de la Tierra como forzante natural de variaciones en la atmósfera superior y la magnetosfera**

Ana G. Elías<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Ionosfera, Atmósfera Neutra y Magnetosfera (LIANM), Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET), Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Tucumán, Argentina & Instituto de Física del NOA, INFNOA (CONICET-UNT), Argentina

El campo geomagnético de origen interno protege a nuestro planeta de la llegada permanente de partículas cargadas energéticas del viento solar y de la radiación cósmica. Sin esta protección la atmósfera como se conoce hoy no existiría y tal vez no habría vida en la Tierra. Este campo varía en diversas escalas de tiempo, entre las que se destacan la variación secular y la inversión de polaridad en escalas geológicas. Mi principal línea de investigación, que les describiré en esta charla junto con mis últimos resultados, se centra en el estudio y análisis de los efectos producidos por estas variaciones sobre la atmósfera superior y magnetosfera terrestres. Se trata de un tema sumamente interesante desde el punto de vista geofísico y también por su potencial aplicación en otras áreas como Física del Espacio, Aeronomía,

Meteorología Espacial y Telecomunicaciones, que se ocupan de medios y procesos sensibles a variaciones del campo geomagnético. Por un lado, las variaciones seculares, que por su escala de tiempo y características son comparables con las consecuencias que resultan del forzante antropogénico en la ionosfera, cobraron interés para el estudio del cambio climático en la atmósfera superior. Y, por otro, en escalas de tiempo geológicas, en las cuales el campo magnético de la Tierra presenta su variación más drástica, como lo es la inversión de polaridad, se plantean escenarios donde el campo se aleja completamente de su actual configuración y en la cual podrían cobrar importancia las componentes dipolares no-axiales y las componentes multipolares. Esto induciría variaciones, también drásticas, en el ingreso de partículas cargadas energéticas en la atmósfera, zonas aurales, casquetes polares magnéticos, configuración e intensidad de corrientes ionosféricas, características de los cinturones de radiación de Van Allen, entre otros. Las consecuencias de las variaciones seculares, aunque débiles en comparación con otros forzantes, son constantes y pueden volverse significativas en el futuro e importantes incluso ahora para pronósticos a largo plazo. En el caso de la transición hacia la inversión de polaridad, los efectos superarán seguramente toda imaginación.

9:45-10:45

Salón de Actos

Retransmitida

## Hiperuniformidad en la materia de vórtices superconductores

Yanina Fasano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Bajas Temperaturas & Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche, CNEA & Universidad de Cuyo & Conicet, Argentina

Muchos sistemas biológicos, materiales y matemáticos comparten la propiedad especial de ser hiperuniformes, es decir, de presentar fluctuaciones de densidad que son despreciables para longitudes de onda largas. Las estructuras hiperuniformes presentan un factor de estructura que decae algebraicamente a cero cuando disminuye el módulo del vector de onda del espacio recíproco. Esto significa que la densidad de los objetos constituyentes es homogénea a gran escala, como en un cristal perfecto, aunque pueden ser isotrópicos y desordenados como un líquido. La hiperuniformidad es entonces un tipo de "orden oculto" que puede verse afectado por el tipo de desorden del medio huésped donde se nuclean los objetos. En esta charla, discutiré nuestros resultados utilizando la materia de vórtices en un superconductores tipo II como un sistema modelo para estudiar cómo diferentes tipos de desorden en las muestras afectan las propiedades hiperuniformes de un sistema de objetos interactuantes. [1,2]

[1] G. Rumi, J. Aragón Sánchez, F. Elías, R. Cortés Maldonado, J. R. Puig, N. R. Cejas Bolecek, G. Nieva, M. Konczykowski, Y. Fasano and A.B. Kolton, Investigación de revisión física 1, 033057 (2019).

[2] J. Puig, F. Elías, J. Aragón Sánchez, R. Cortés Maldonado, G. Rumi, P. Pedrazzini, G. Nieva, A. B. Kolton e Y. Fasano, Communication Materials Nature (2022).

# PREMIO J J GIAMBIAGI

11:15-12:15

Salón de Actos

Retransmitida

## Percolación inversa con múltiple ocupación de sitios

Lucía Ramírez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos. IFISC (UIB-CSIC), Mallorca, España, y Universidad Nacional de San Luis, Argentina

La percolación es un problema de gran interés dentro de la comunidad de la mecánica estadística, ya que establece una técnica completa para el tratamiento de sistemas desordenados, modelos de geometría estocástica y fenómenos críticos. Su mayor fortaleza radica en que aborda preguntas que surgen al considerar la conectividad geométrica y da una idea de cuándo un sistema está macroscópicamente abierto para que ocurra un fenómeno, contribuyendo así a la comprensión del comportamiento de problemas muy distintos entre sí, tales como el flujo de fluidos en medios aleatorios, la propagación de enfermedades en poblaciones, transiciones sol-gel o fallas en redes complejas. A lo largo de los años se han introducido muchas variaciones del modelo original, algunas presentando distintas propiedades de escaleo y universalidad. En esta charla, exploramos la transición de percolación sufrida por un sistema al que se le remueven grupos de componentes. El proceso parte de una configuración inicial en la que todos los sitios están ocupados, para luego diluir el sistema mediante la eliminación aleatoria de  $k$  sitios correlacionados (agujas, baldosas, etc.). La idea central radica en encontrar la máxima concentración de sitios ocupados para la que el sistema deja de estar conectado, el “umbral de percolación inverso”. Mediante simulaciones numéricas y análisis de escaleo de tamaño finito, estudiamos el comportamiento del umbral de percolación con  $k$ . Se observa que la estructura de las especies eliminadas afecta fuertemente el comportamiento del sistema e incluso puede dar lugar a atascos que provocan la pérdida de la transición de fase.

**Viernes 30 de septiembre de 2022**

8:45-9:45

Salón de Actos

Retransmitida

### **Medidas de Entrelazamiento en Teoría Cuántica de Campos**

Marina Huerta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> División de Partículas y Campos Centro Atómico Bariloche – CONICET e Instituto Balseiro, Argentina

La incorporación de la entropía de entrelazamiento, así como otras medidas de información, al conjunto de herramientas disponibles para la descripción de las teorías cuánticas de campos, resultó ser una estrategia atractiva y relevante en cuanto que no sólo provee nuevas tácticas de cálculo sino una enriquecida perspectiva de interpretación. Para ilustrar lo anterior, describiré dos problemas que a mi entender destacan la potencia de esta comunión: por un lado, la formulación de teoremas entrópicos sobre la irreversibilidad del flujo del grupo de renormalización y por otro, el rol de las simetrías, globales y locales, en las teorías cuánticas de campos.

9:45-10:45

Salón de Actos

Retransmitida

### **Las baterías de Litio vistas desde la física**

Ezequiel Leiva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Energías Sustentables, Universidad Nacional de Córdoba INFIQC-CONICET, Facultad de Ciencias Químicas-UNC, Argentina

Entre las necesidades más acuciantes que presenta nuestra civilización, es innegable que la energía ocupa el papel preponderante. Nuestros vínculos de relación actuales son tales que, sin disponibilidad de ella, nuestra vida se tornaría prácticamente insostenible y nuestro grado de civilización colapsaría, retornando a niveles paleolíticos. De este modo, los seres humanos hemos desarrollado ingeniosos métodos de conversión de energía, donde lamentablemente los métodos denominados renovables/sustentables ocupan aun un rol minoritario. Así, a pesar de denodados esfuerzos tecnológicos, alrededor del 85 por ciento de nuestra energía proviene de combustibles fósiles no renovables: petróleo, gas natural, carbón. En este sentido nuestro país ocupa un lugar privilegiado, con un potencial de generación de energía sustentables para más de mil millones de habitantes. Sin embargo, una gran parte de las fuentes de energías sustentables (sol, viento) son en su mayoría intermitentes y es necesario almacenarlas. Entre otras alternativas, las baterías de ion-litio aparecen como una opción interesante para almacenar y transportar esta energía, donde las aplicaciones que hoy conocemos representan apenas la punta de un gran iceberg. Al desarrollo de estos dispositivos han confluído la física,

la química y la ingeniería, como lo testimonia el premio Nobel de Química otorgado a precisamente a científicos de estas tres disciplinas en 2019. Esto no es casual, ya que los futuros desafíos en los desarrollos de las baterías implican la resolución de problemas de estado sólido y la síntesis de materiales, ensamblados a través de una armónica ingeniería. En esta charla hare énfasis en aspectos de la batería de litio que se pueden abordar desde el ámbito de la física, haciendo en gran parte uso de experiencia que fui ganando a través de la interacción con colegas de esta disciplina. Se mencionarán estudios que emplean como herramientas la mecánica cuántica, la dinámica molecular y el método de Monte Carlo Cinético.

11:15-12:15

Salón de Actos

Retransmitida

### **Mecanismos subyacentes a fenómenos colectivos sociales**

Maxi San Miguel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos, IFISC (UIB-CSIC), Palma de Mallorca, España, maxi@ifisc.uib-csic.es

Se introducirán y discutirán mecanismos de interacción a pares o de interacción grupal, la dinámica co-evolutiva de la topología de la red de interacciones y el estado de los agentes (nodos) y el fenómeno de envejecimiento modelado por distribuciones no poissonianas de tiempos entre eventos de interacción. Se utilizará el paradigmático modelo del votante como guía de discusión de estos mecanismos, así como modelos de contagio complejo para interacciones en grupo (análogo a colisiones de más de dos cuerpos). Como ilustración de resultados recientes en el campo se discutirá la modelización y descripción del fenómeno de polarización social, así como el de sesgos en la transmisión social de la información.

# CHARLAS DE DIVULGACIÓN

**Martes 27 de septiembre de 2022**

20:00-21:00

Centro Cívico

1er Piso Biblioteca Sarmiento

## **Sorpresas en el Gran Eclipse Patagónico**

Guillermo Abramson

El eclipse solar total del 14 de diciembre de 2020 fue para unos pocos, por las dificultades de traslado debidas a la cuarentena covid-19. Afortunadamente pude viajar a verlo y registrarlo, ya que me encontré con una sorpresa: una eyección de masa coronal durante el eclipse. ¿Es muy raro? ¡Rarísimo! Les contaré sobre mi experiencia, sobre las eyecciones de masa coronal, y lo poco que sabemos de estas erupciones solares.

**Miércoles 28 de septiembre de 2022**

20:00-21:00

Centro Cívico

1er Piso Biblioteca Sarmiento

## **El hidrógeno y los colores que tiñen la transición energética**

Liliana Moggi, María Herrera

En los últimos 20 años creció la población mundial y también el consumo energético por habitante. Esto incrementó la demanda de energía, que al producirse principalmente a partir de hidrocarburos, aumentó la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El CO<sub>2</sub> es uno de los gases responsables del efecto invernadero y el cambio climático. Los niveles de emisión alcanzados actualmente requieren realizar acciones concretas para mitigar el problema. Es así como surge a nivel mundial la idea de avanzar hacia una transición energética, con nuevas tecnologías y fuentes de energía que permitan disminuir o eliminar la emisión de dióxido de carbono. En esta transición juega un rol clave el hidrógeno (H<sub>2</sub>) como vector o transportador de energía. El hidrógeno es limpio, durante su combustión sólo produce

agua y no emite CO<sub>2</sub>. Pero es un combustible sintético, no se encuentra como tal en la naturaleza, sino que forma parte de otros compuestos como agua, hidrocarburos, alcoholes, etc. Entonces, para que sea una verdadera solución, es necesario que durante su producción la huella de carbono sea mínima. Para catalogarlo de acuerdo a su origen se proponen los colores del hidrógeno. ¿Cuáles son estos colores y que significan? ¿Cuál es el hidrógeno con menor huella de carbono? ¿Como podemos obtenerlo? ¿Cómo podemos almacenarlo y transportarlo? ¿Cómo se usa? ¿Se puede producir en Argentina? Intentaremos abordar estas y otras interrogantes, discutiendo principalmente cuestiones técnicas con el objetivo de reflexionar cómo prepararnos para estar tecnológicamente preparados para aprovechar esta oportunidad. Se describirán además los avances en los proyectos relacionados con la Misión de Hidrógeno de la empresa Y-TEC.

## MESA REDONDA

Viernes 30 de septiembre de 2022

14:00-16:00

Salón de Actos

### **Liderazgo y Género**

Ana Franchi, Verónica Garea, Luz Lardone, Adriana Serquis

Es una realidad que en estos tiempos que corren, los espacios de decisión vienen siendo paulatinamente ocupados por más mujeres. Nos surge entonces la pregunta: ¿cómo ocupan las mujeres esos espacios? Quisiéramos poner en discusión cómo se plantean las mujeres este rol, que implica liderar y decidir, pero también tener "poder". Propondremos discutir si existe o no una masculinización de esos roles. Les preguntaremos a quienes tienen o tuvieron la oportunidad de ocupar esos espacios, si perciben que hay comportamientos o actitudes que se espera que tengan, y qué vivencias y experiencias quisieran compartir desde ese lugar que hasta hace muy poco estaba reservado sólo para los hombres.

Moderan: Luciana Bruno y Fabiana Laguna (Subcomisión de Género - AFA).

## Otras Actividades

CHARLAS DE AUSPICIANTES Y PROYECTOS ESPECIALES

**Miércoles 28 de septiembre de 2022**

13:30-13:50

Salón de Actos

**Tendencias e Inversión de Capital Emprendedor en Quantum Computing**  
Ezequiel Manavela, CITES

13:30-13:50

Aula Ex-Biblioteca

**Un físico en Ingeniería de Operaciones Satelitales**  
Iván Berdakin - INVAP

**Jueves 29 de septiembre de 2022**

13:30-13:50

Salón de Actos

**La microscopía electrónica en la empresa**  
Alberto Caneiro, YPF-Tec

13:30-13:50

Aula Ex-Biblioteca

**Enriquecimiento de Uranio por Laser-grado de avance y proyección a futuro**  
Alberto Lamagna, CNEA

## Viernes 30 de septiembre de 2022

13:30-13:50

Salón de Actos

### **Presentación del PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL DE FORTALECIMIENTO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA CUÁNTICAS creado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación**

Juan Pablo Paz , Secretario de Articulación Científico Tecnológica (MINCyT), Alex Fainstein (CAB-IB)

## PROYECCIÓN DE FILM

## Miércoles 28 de septiembre de 2022

19:00

Aula Ex-Biblioteca

### **J.J. Giambiagi: un físico latinoamericano**

Presenta: María Lis Tous

Habiéndose cumplido 50 años del descubrimiento de la regularización dimensional por parte de J.J. Giambiagi (en co-autoría con C.G. Bollini en 1972), es un verdadero orgullo y placer presentar en el espacio de "Alta Frecuencia", ciclo de cine-arte del CAB-IB, en colaboración con la AFA y DF-UBA el documental: "J.J. Giambiagi: un físico latinoamericano (2019)". El largometraje repasa la vida y carrera de quien, entremuchas otras cosas, da nombre al premio anual a la mejor tesis doctoral en física de Argentina.

Invitamos a toda la concurrencia de la RAFA107 a esta proyección, donde tendremos oportunidad de dialogar con los creadores/directores de este documental realizado en colaboración entre el DF-UBA e ICTP-Trieste.

# ASAMBLEA

Jueves 29 de septiembre de 2022

16:30-19:30

Salón de Actos

**DIVISIONES: CHARLAS Y POSTERS**

# AGUA, TIERRA Y ATMÓSFERA

## Charlas

Miércoles 28 de septiembre

14:00-14:30

Egipcios 2

### **Análisis de la variación estacional de las tendencias en foF2 utilizando distintos índices del flujo EUV solar**

Duran T<sup>1 2</sup>, de Haro Barbas B F<sup>3 4</sup>, Elias A G<sup>3 4</sup>, Melendi Y<sup>2</sup>, Juan A<sup>1 2</sup>, Buezas F S<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física del Sur - Universidad Nacional del Sur

<sup>2</sup> Departamento de Física - Universidad Nacional del Sur

<sup>3</sup> Laboratorio de Ionosfera, Atmosfera Neutra y Magnetosfera - LIANM, FACET, UNT

<sup>4</sup> Instituto de Física del Noroeste Argentino - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Universidad Nacional de Tucumán

Desde principios de la década del 90 cobró gran importancia el análisis de tendencias a largo plazo en la atmósfera superior. En particular se publicaron varios trabajos sobre tendencias en la ionosfera, la mayoría de los cuales las asocian al aumento de concentración de gases de efecto invernadero, y otros a causas naturales como variaciones a largo plazo en la actividad solar, en la actividad geomagnética y en el campo magnético intrínseco de la Tierra. La atribución de causas a estas variaciones de largo plazo sigue siendo una problemática de gran interés y complejidad, lejos aún de estar resuelta. Como aporte a esta temática se analiza la variación estacional de las tendencias en la frecuencia crítica de la capa F2, foF2, medida en estaciones de latitudes medias. Este parámetro ionosférico, de gran utilidad e importancia en aplicaciones de clima espacial y telecomunicaciones, entre otros, constituye una medida de la densidad de electrones pico de la ionosfera. Las tendencias se estimaron a partir de los residuos de regresiones entre foF2 y cuatro proxies de la radiación EUV solar: Rz, F10.7, Mg II y flujo Lyman  $\alpha$ , considerando que las mismas son sensibles al proxy considerado y a las fases del ciclo de actividad solar que incluya el período de análisis. La variación estacional de los valores y del signo de las tendencias, en este caso, brinda información acerca de los roles relativos de los que serían sus principales forzantes: el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero y la variación secular del campo magnético de la Tierra.

**Contacto:** Trinidad Duran, trinidad.duran.94@gmail.com **Codigo Identificador:** 8828

14:30-15:00

Egipcios 2

## COMPARACIÓN DE VALORES MEDIOS DE AOD (MAIAC-NASA) Y CONCENTRACIONES DE PM2.5 OBTENIDAS IN-SITU EN SITIOS GEOGRÁFICOS DEL GRAN ROSARIO, ARGENTINA.

Valle Seijo M F<sup>1 2</sup>, Micheletti M I<sup>1 3</sup>, Piñol G<sup>1</sup>, Binet M V<sup>1</sup>, Grosso M<sup>4 5</sup>, Carreras H<sup>4 5</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR*

<sup>2</sup> *Facultad de Química e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica Argentina*

<sup>3</sup> *Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>4</sup> *Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal, CONICET - UNC*

<sup>5</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba*

Los datos satelitales, a diferencia de las mediciones in-situ, permiten monitorear los aerosoles atmosféricos en grandes áreas urbanas. Sin embargo, la cobertura y la confiabilidad de estos dependen de las condiciones atmosféricas y composiciones de los aerosoles presentes en la atmósfera. La comparación de concentraciones de PM 2.5 obtenidas in-situ con valores de AOD (Aerosol Optical Depth) obtenidos del algoritmo MAIAC (Multi-Angle Implementation of Atmospheric Correction? NASA), resulta de interés para evaluar la fiabilidad de los datos satelitales. Para realizar esta comparación, se tomaron mediciones en el Gran Rosario ya que esta área representa uno de los núcleos urbanos más grandes de Argentina. En el Gran rosario se centralizan diversas actividades económicas y medios de transporte que influyen en la presencia de material particulado atmosférico. A su vez, esta región adquiere un especial interés ya que se encuentra cada vez más expuesta a la presencia de material particulado proveniente del humo de incendios generados en las Islas del Delta del Paraná. Los valores satelitales obtenidos aplicando el algoritmo MAIAC muestran alta variabilidad. En la mayoría de los casos se obtuvo una buena correlación entre los valores satelitales de AOD y los de mediciones de PM2.5.

**Contacto:** Maria Fernanda Valle Seijo, fervallee@gmail.com **Codigo Identificador:** 9163

15:00-15:30

Egipcios 2

## Contaminación por microplásticos en lagos patagónicos: influencia metodológica y poblacional de las concentraciones halladas

Silva L<sup>1</sup>, Buteler M<sup>2</sup>, Fasanella M<sup>2</sup>, Alma M<sup>2</sup>, Langenheim M<sup>2</sup>, Tomba J P<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INTEMA, Facultad de Ingeniería, CONICET - Universidad Nacional de Mar del Plata

<sup>2</sup> INIBIOMA, Univ. Nac. del Comahue, Bariloche

En este trabajo se investigaron dos aspectos relevantes de la contaminación por microplásticos (MPs): la influencia del método de muestreo en la cuantificación de MPs y el impacto de la densidad poblacional en los niveles de contaminación de MPs en aguas superficiales de lagos patagónicos. Para ello se estudiaron seis lagos ubicados en el norte de la Patagonia Argentina utilizando dos protocolos de muestreo ampliamente reportados en la literatura: agua recolectada en botellas de vidrio vs agua recolectada usando una red de malla de 50 micrómetros. Para evaluar la influencia de la densidad poblacional en la contaminación por MPs se estudiaron lagos urbanos (Nahuel Huapi, Gutiérrez y Moreno) y lagos sin urbanización (Espejo, Espejo Chico y Mascardi). Identificamos contaminación con MPs en todos los lagos estudiados, con predominio (mayor a 90 %) de microfibras (MFs) de origen textil. Cabe destacar que los niveles de contaminación fueron similares en todos los sitios, independientemente de la cercanía de la población, justificándose por la existencia de transporte atmosférico de MPs entre los sitios. La mayor variabilidad encontrada fue entre los métodos de muestreo, con diferencias superiores a tres órdenes de magnitud. Las muestras recolectadas directamente en botellas de 1 litro tuvieron un promedio de 5257 MPs/m<sup>3</sup> en comparación con 1,57 MPs/m<sup>3</sup> en las muestras que se recolectaron con una red de 50 micrómetros. Los resultados destacan la necesidad de abordar el tamaño de la malla cuando se buscan MFs textiles y desarrollar protocolos de muestreo estandarizados para que los estudios sobre la contaminación por MPs sean comparables.

**Contacto:** Leonel Silva, leonel.ignacio@gmail.com **Código Identificador:** 8679

15:30-16:00

Egipcios 2

## ¿Es posible el frenado Zener para láminas policristalinas de hielo con partículas móviles?

Achaval P I<sup>1</sup>, Aguirre Varela G<sup>2</sup>, Di Prinzio C L<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba

<sup>2</sup> Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba, Instituto de Física Enrique Gaviola CONICET-UNC

Se llevaron a cabo simulaciones 2D de Monte Carlo en una red cuadrada (300x300 pixeles) para estudiar el comportamiento del crecimiento de granos en hielo en presencia de partículas de segunda fase con distinta movilidad y distinto tamaño. Mediante simulaciones de un policristal sin partículas de hielo se pudo establecer el tamaño medio de grano máximo a considerar para evitar efectos de borde debidos al tamaño de red considerado. Con este dato, se pudo decidir la concentración mínima de partículas con máxima movilidad, según su tamaño, a considerar en cada corrida. Todas las simulaciones se corrieron primero hasta el estancamiento y con movilidad máxima de las partículas para determinar el tiempo máximo de corrida a considerar para cada tamaño de partículas. Luego, se investigó el efecto de la movilidad y la fracción de partículas de segunda fase ( $f$ ) que interactúan con los límites de grano en el tamaño de grano límite. Se verificó el límite de Zener para el caso de partículas inertes independientemente de su tamaño para esta red. Mientras que el tamaño de grano límite observado obedece a una dependencia de la raíz cuadrada de la fracción de partículas para partículas inmóviles. coincidiendo en gran medida con los resultados de simulación anteriores en 2D no sucede así cuando se le asigna movilidad a las partículas.

**Contacto:** Carlos Leonardo Di Prinzio, diprinz@famaf.unc.edu.ar **Código Identificador:** 9122

**Jueves 29 de septiembre**

14:00-14:30

Egipcios 2

## **Evolución de las desorientaciones cristalinas en muestras policristalinas de hielo puro**

Di Prinzio C L<sup>1</sup>, Achaval P I<sup>2</sup>, Aguirre Varela G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba, e Instituto de Física Enrique Gaviola, CONICET*

<sup>2</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

Existen muy pocos trabajos donde se analiza la evolución de las desorientaciones cristalinas de los granos vecinos en una muestra policristalinas de hielo durante el crecimiento de grano. La desorientación cristalina fue determinada mediante la técnica de réplicas plásticas y de las fosas de ataque químico que se forman la aplicación de dicha técnica. El crecimiento de grano en dos cilindros de hielo formados desde agua bidestilada y la distribución de las desorientaciones cristalinas entre granos fue analizada. Un cilindro fue crecido mediante un congelamiento rápido y el otro cilindro fue congelado en forma lenta. Las orientaciones cristalinas iniciales de los granos varía

fuertemente de un cilindro a otro pero las desorientaciones cristalinas finales entre granos vecinos tiene muchas coincidencias. Las desorientaciones cristalinas encontradas están fuertemente relacionadas con la minimización de la energía de los bordes de grano durante el crecimiento de grano.

**Contacto:** Carlos Leonardo Di Prinzio, diprinz@famaf.unc.edu.ar **Código Identificador:** 8774

14:30-15:00

Egipcios 2

## Evolución de un pozo circular sobre la superficie del hielo considerando un modelo de capa cuasi líquida obtenido de consideraciones termodinámicas

Aguirre Varela G<sup>1</sup>, Di Prinzio C L<sup>1</sup>, Achaval P I<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba, Instituto de Física Enrique Gaviola CONICET-UNC*

<sup>2</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

La presencia de una capa cuasi líquida (QLL) sobre la superficie del hielo ha sido propuesta desde hace mucho, aunque es recientemente que muchas de sus causas básicas están siendo entendidas y que se encuentren en el contexto del premelting interfacial. Usando un criterio termodinámico se puede pensar que la aparición de QLLs viene dada por el equilibrio de la energía libre interfacial entre las superficies de hielo húmedo y desnudo. En el presente trabajo, se generaliza a dos dimensiones el tratamiento realizado en Style and Grae Worster (2005). Se obtienen las ecuaciones que describen la presencia de la QLL sobre el hielo en contacto con su vapor y, además, se encontró una ecuación que describe la evolución de la superficie del hielo. En particular se encontró una solución correspondiente a la evolución de un pozo circular sobre la superficie del hielo.

**Contacto:** Carlos Leonardo Di Prinzio, diprinz@famaf.unc.edu.ar **Código Identificador:** 8773

14:30-15:00

Egipcios 2

## Rol de la QBO en la asociación entre el vórtice polar estratosférico y la actividad geomagnética

Gandur M<sup>1 2</sup>, Medina F D<sup>1 2 3</sup>, de Haro Barbas B F<sup>1 2 3</sup>, Zossi M<sup>1 2 3</sup>, Elias A G<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Física, Fac. Ciencias Exactas y Tecn., Universidad Nacional de Tucumán

<sup>2</sup> Laboratorio de Ionosfera, Atmosfera Neutra y Magnetosfera - LIANM, FACET, UNT

<sup>3</sup> Instituto de Física del Noroeste Argentino, CONICET-UNT

La oscilación cuasi-bienal (QBO) de la estratosfera ecuatorial es el modo dominante de variabilidad de esta región en escalas interanuales, caracterizada por la alternancia de vientos del este (easterlies) y del oeste (westerlies) con una periodicidad de aproximadamente 28 meses. La QBO, a pesar de ser un fenómeno de la estratosfera ecuatorial y tropical, puede afectar regiones de la atmósfera de altas latitudes, como es el caso del vórtice polar estratosférico (PV), en periodos a través del efecto Holton-Tan. Existen también forzantes externos de la estratosfera en general como sería la actividad geomagnética a través de la inyección de partículas cargadas provenientes del Sol que afectan la química de la atmósfera media y superior, y también a través de modificaciones en la circulación. La QBO afectaría la respuesta de la estratosfera en latitudes altas a la actividad geomagnética incrementando su sensibilidad durante una de sus fases y disminuyéndola durante la fase opuesta. Esto sugiere una interacción no-lineal que puede desdibujar los efectos de ambas señales (de la QBO y de la actividad geomagnética) sobre la atmósfera haciendo necesario un filtrado especial para evidenciar una u otra señal. En este trabajo se analiza la asociación del PV con la actividad geomagnética considerando el rol de la QBO como ?regulador? de la misma. Empleando datos de viento zonal y temperatura del PV del reanálisis NCEP/NCAR, se estudió la asociación con índices geomagnéticos a través de un análisis de correlación separando los períodos con fase easterly de los de fase westerly de la QBO. Los resultados darían sustento a la conexión vía acoplamiento de diferentes regiones atmosféricas y al posible efecto no-lineal de terceros factores (como la QBO en este caso) que le quitarían estacionariedad o desdibujarían la relación física existente entre algunas regiones de la atmósfera y la variabilidad solar.

**Contacto:** Micaela Gandur, gandurmicaela@gmail.com **Código Identificador:** 9006

14:30-15:00

Egipcios 2

## Variaciones a largo plazo en la ionosfera debido a factores antropogénicos y naturales. Relevancia para la meteorología espacial.

Tan Jun Ríos M G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología - Universidad Nacional de Tucumán

La ionosfera tiene un rol crucial en la dinámica de la meteorología espacial, y, por lo tanto, comprender su variabilidad en todas las escalas de tiempo es esencial para esta área de creciente importancia para la ciencia y la sociedad. Esta región de la atmósfera superior, además de variaciones regulares e irregulares de carácter transitorio, presenta tendencias de largo plazo, cuyo estudio ha cobrado gran interés desde un estudio pionero en 1989 que indicaba que el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero debido a la actividad antropogénica produciría un enfriamiento global en esta región de la atmósfera, además del calentamiento global en la troposfera. Existen también forzantes de tendencias de origen natural, como la variación secular del campo magnético de la Tierra, que afecta diversos parámetros ionosféricos y de la magnetosfera. En este trabajo se analizarán tendencias en la ionosfera estimadas a partir de modelos teóricos y datos experimentales ligados al efecto antropogénico y a la variación secular del campo magnético de la Tierra, y su relevancia en la meteorología espacial. Estas tendencias, aunque débiles en magnitud comparadas con variaciones en escalas de tiempo menores de la ionosfera, son persistentes y pueden volverse significativas en el futuro y de importancia aún ahora para el pronóstico de largo plazo en meteorología espacial. **Contacto:** María Gloria Tan Jun Ríos, gtanjun@gmail.com

**Código Identificador:** 8696

## Sesiones de Posters

- Martes 27/9: AT-1 a AT-10.
- Miércoles 28/9: AT-11 a AT-20.

AT-1 **Análisis de la estación seca (mayo - septiembre) y húmeda (octubre - abril) de Rosario y la incidencia en los incendios para los años 2016, 2019, 2020 y 2021.**

Piñol G A<sup>1</sup>, Micheletti M I<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas - Universidad Nacional de Rosario*

En la zona central del país y particularmente en las islas del delta del Paraná, se desarrollan incendios de la vegetación, que pueden resultar dañinos para los diferentes ecosistemas y para las poblaciones expuestas a la contaminación generada

en dichos eventos, a causa del arribo de masas de aire que transportan los aerosoles producidos por las quemadas. Con frecuencia éstas alcanzan dimensiones de gran magnitud, propagándose rápidamente, especialmente en períodos de sequía, y pudiendo ser controladas y/o extinguidas recién cuando ocurren lluvias copiosas. En la ciudad de Rosario y sus zonas aledañas, durante un año, se pueden distinguir dos períodos en cuanto al régimen de precipitaciones: de mayo a septiembre (estación seca) y de octubre a abril (estación húmeda). A su vez, algunos años son significativamente más secos o húmedos que otros. A partir de ello, este trabajo busca analizar el desarrollo, propagación y duración de los incendios frente a las costas del Gran Rosario durante las estaciones mencionadas para 2016 como año húmedo, 2019 como año normal y 2020 y 2021 como años secos. Se estudian datos satelitales, valores del espesor óptico de aerosoles (AOD) y se contrastan con variables meteorológicas y el fenómeno El Niño / Oscilación del Sur (ENOS). Además se calcula el índice normalizado de área quemada (NBR) de dos situaciones particulares durante los años 2020 y 2021.

## **AT-2** **Análisis de la influencia potencial de aerosoles con origen industrial en las masas de aire con arribo en Rosario y zonas aledañas**

Binet M V<sup>1 2</sup>, Micheletti M I<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR*

<sup>2</sup> *Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, FCEIA-UNR*

<sup>3</sup> *Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas - Universidad Nacional de Rosario*

Las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Santa Fe y la Ciudad de Buenos Aires, concentran el 85% de las emisiones generadas por industrias localizadas en el cordón industrial de San Lorenzo y otros sitios cercanos a Rosario, las cuales condicionan e influyen en la calidad del aire de la ciudad. Dicho estudio se efectúa analizando la dispersión del material particulado (aerosoles), emitido por las industrias, mediante el análisis de las trayectorias de masas de aire. Rosario es una ciudad de aproximadamente 1 millón y medio de habitantes, por lo cual resulta relevante evaluar la presencia de aerosoles de origen industrial en la ciudad y sus alrededores a modo de brindar información que permita estimar su impacto en la población. El presente trabajo analiza zonas de alta densidad industrial localizadas en cercanías de la ciudad de Rosario y evalúa las retrotrayectorias de masas de aire, observando su paso por distintos sitios industriales previo al arribo. Pondera y relaciona los períodos afectados por aerosoles provenientes de la actividad industrial teniendo en cuenta distintas zonas de influencia según cercanía a la fuente.

## **AT-3** **Análisis del comportamiento magnético de muestras obtenidas en sedimentos lacustres**

Pugni M<sup>1</sup>, Varales M C<sup>1</sup>, Barcelona Hipperdinger M<sup>1</sup>, Irurzun A<sup>2 3</sup>, Gogorza C<sup>3 2</sup>, Bianchi M M<sup>4 2</sup>, Giache Y<sup>4 2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, UNCPBA*

<sup>2</sup> *consejo nacional de investigaciones científicas y técnicas*

<sup>3</sup> *Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina*

<sup>4</sup> *Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, CONICET-UBA*

En este trabajo se tomaron 12 muestras del Laguito del Morro (41° 31' 54.0 S, 71° 48' 25.2 W), un pequeño lago de 6 m de profundidad ubicado en el bosque húmedo del valle del Río Manso Inferior. A partir de estudios previos se puede determinar que las mismas corresponden al período de tiempo que va desde el año 1000 AP hasta el año 880 AP aproximadamente. Se realizaron mediciones de la susceptibilidad magnética (k), Magnetización Remanente Anhistérica (ARM), Magnetización Remanente Isotérmica (IRM) y Temperatura de Curie. Los resultados de estos parámetros se sumaron a cálculos de cocientes interparamétricos. Los resultados obtenidos permitieron determinar que cuatro muestras están compuestas por titanohematita. Dos sugieren estar compuestas mayormente por greigita y las seis restantes están compuestas en mayor medida por titanomagnetita. Las concentraciones magnéticas varían entre 0.01 % y 0.1 %, y el tamaño de grano magnético varía desde 1 μm a 4 μm. Estos resultados sumados al del resto de las muestras y a los de parámetros no magnéticos que se encuentran en marcha, nos permitirá llevar a cabo el análisis paleoambiental del sitio en estudio.

## **AT-4** **Análisis del comportamiento magnético de muestras obtenidas en sedimentos lacustres**

Varales M C<sup>1</sup>, Pugni M<sup>1</sup>, Barcelona Hipperdinger M<sup>1</sup>, Apellido N

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

En este trabajo se tomaron 12 muestras del Laguito del Morro (41° 31' 54.0 S, 71° 48' 25.2 W), un pequeño lago de 6 m de profundidad ubicado en el bosque húmedo del valle del Río Manso Inferior. A partir de estudios previos se puede determinar que las mismas corresponden al período de tiempo que va desde el año 1049 AP hasta el año 950 AP aproximadamente. Se realizaron mediciones de la susceptibilidad magnética (k), Magnetización Remanente Anhistérica (ARM), Magnetización Remanente Isotérmica (IRM) y Temperatura de Curie. Los resultados de estos parámetros se sumaron a cálculos de cocientes interparamétricos. Los resultados obtenidos permitieron determinar que cuatro muestras están compuestas por titanohematita. Dos sugieren estar compuestas mayormente por greigita y las seis restantes están compuestas en mayor

medida por titanomagnetita. Las concentraciones magnéticas varían entre 0.01 Estos resultados sumados al del resto de las muestras y a los de parámetros no magnéticos que se encuentran en marcha, nos permitirá llevar a cabo el análisis paleoambiental del sitio en estudio.

### **AT-5** **Análisis del comportamiento magnético de muestras obtenidas en sedimentos lacustres**

Barcelona Hipperdinger M<sup>1</sup>, Gogorza C<sup>2 3</sup>, Pagni M<sup>1</sup>, Varales M C<sup>1</sup>, Bianchi M M<sup>2 4</sup>, Giaché Y<sup>2 4</sup>, Irurzun M A<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

<sup>3</sup> *Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina*

<sup>4</sup> *Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, CONICET-UBA*

En este trabajo se tomaron 12 muestras del Laguito del Morro (41° 31 ' 54.0 S, 71° 48 ' 25.2 W), un pequeño lago de 6 m de profundidad ubicado en el bosque húmedo del valle del Río Manso Inferior. A partir de estudios previos se puede determinar que las mismas corresponden al período de tiempo que va desde el año 1049 AP hasta el año 950 AP aproximadamente. Se realizaron mediciones de la susceptibilidad magnética (k), Magnetización Remanente Anhistérica (ARM), Magnetización Remanente Isotérmica (IRM) y Temperatura de Curie. Los resultados de estos parámetros se sumaron a cálculos de cocientes interparamétricos.

Los resultados obtenidos permitieron determinar que cuatro muestras están compuestas por titanohematita. Dos sugieren estar compuestas mayormente por greigita y las seis restantes están compuestas en mayor medida por titanomagnetita. Las concentraciones magnéticas varían entre 0.01 % y 0.1 %, y el tamaño de grano magnético varía desde 1 μm a 4 μm. Estos resultados sumados al del resto de las muestras y a los de parámetros no magnéticos que se encuentran en marcha, nos permitirá llevar a cabo el análisis paleoambiental del sitio en estudio.

### **AT-6** **Análisis morfométrico de la cuenca del río Fiambalá, principal afluente del río Abaucán, Tinogasta, Catamarca**

Ortiz E d V<sup>1 2</sup>, Lamas C A<sup>1</sup>, Agüero C O<sup>3</sup>, Rodríguez G D<sup>1</sup>, Tejada V G<sup>4</sup>, Arroyo A G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Monitoreo y Control de la Degradación Geoambiental - IMCoDeG - Fac. de Tecnología y Cs. Aplicadas - UNCa*

<sup>2</sup> *CONICET*

<sup>3</sup> *Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Rioja*

<sup>4</sup> *Universidad Nacional de La Rioja*

El manejo integral de las cuencas hidrográficas constituye actualmente una de las herramientas de solución más importantes para facilitar la gestión sostenible y el uso ordenado de los recursos naturales. Para analizar el estado actual se utiliza una herramienta basada en Sistemas de Información Geográficos (SIG), que permite almacenar, consultar y gestionar la información georeferenciada registrada en diferentes campañas de muestreo junto con datos satelitales para su gestión integral. El Distrito de Fiambalá se ubica al oeste de la Provincia de Catamarca, Argentina, presenta un ambiente con características semiáridas rigurosas; forma parte del extenso territorio considerado como áreas frágiles con tendencia a la desertificación. El análisis morfométrico permite conocer las características físicas de la cuenca del río de manera cuantitativa, desde el cálculo de diferentes parámetros, que permiten caracterizar la cuenca y a partir de ello establecer el comportamiento hidrográfico ante distintos eventos de precipitaciones ordinarios y extraordinarios. El objetivo de este estudio es determinar los parámetros que definen la morfometría de la red de drenaje de la cuenca del río Fiambalá y su influencia en la población utilizando la herramienta SIG. Los procesos fluviales en el área de estudio presentan una dinámica meandriforme, a lo largo de su recorrido; se identificaron distintos tipos de meandros, tales como meandros abandonados, meandros acogotados y paleomeandros. Esta dinámica evidencia diferentes momentos de energía en las avenidas del río Fiambalá, que serían de potencial amenaza para la población que se asienta en su margen. Los resultados permiten clasificarla como una cuenca grande con alturas que van entre los 5552 y 2000 m.s.n.m., con una forma ligeramente ensanchada, pudiendo considerarse como redondeada, lo que permite una mayor captación de las precipitaciones y cuyo escurrimiento ante una lluvia intensa facilita la formación de grandes crecidas. La red de drenaje del Río Fiambalá presenta una densidad moderada a alta, lo que indica un escurrimiento y velocidad elevada en los momentos de intensas precipitaciones, lo que determina cómo llegara a perturbar a la Localidad de Fiambalá y su efecto en la población.

## **AT-7 Caracterización del producto de molienda de plaquetas electrónicas (PCB)**

Laborde S<sup>1</sup>, Morando C<sup>2</sup> <sup>3</sup>, D'Angelo C<sup>4</sup> <sup>5</sup>, Fornaro O<sup>2</sup> <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de Materiales Tandil (IFIMAT), Fac. de Cs. Exactas, UNCPBA*

<sup>2</sup> *Instituto de Física de Materiales Tandil, CIFICEN (CONICET-UNCPBA), Pinto 399, B7000GHG Tandil, Argentina*

<sup>3</sup> *CONICET*

<sup>4</sup> *Instituto de Física Arroyo Seco, (CIFICEN), UNCPBA*

<sup>5</sup> *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Calle 526 entre*

*10 y 11, 1900 La Plata, Argentina*

La constante evolución tecnológica resulta en el uso y descarte creciente de aparatos eléctricos y electrónicos (AEEs). El acceso masivo a estos aparatos, diseñados bajo el concepto de obsolescencia programada, genera un aumento constante del volumen de la chatarra electrónica [1]. Los AEEs contienen elementos que si bien son necesarios para garantizar su funcionalidad, al liberarse pueden ser potencialmente tóxicos y peligrosos. Algunas de estas sustancias son cadmio, mercurio, plomo, arsénico, entre otros [2]. De los 53,6 millones de toneladas de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs) a nivel mundial, sólo el 17,35 % fue gestionado de manera adecuada [2]. El volumen de RAEEs en Argentina fue de aproximadamente 465 mil toneladas de RAEEs en 2020, lo que equivale a 10,3 kg/persona, esperando 15 kg/persona en 2025. En varios países existe legislación sobre la responsabilidad extendida de los fabricantes de esos productos a la hora del descarte, pero nuestro país aún no posee normas en ese sentido. Como consecuencia, estos residuos terminan en rellenos sanitarios o basurales a cielo abierto y solo una pequeña fracción ingresa a un proceso de recuperación y reciclaje de los materiales. La gestión de los RAEEs debe tener en cuenta su composición: 72 % de materiales reciclables (plásticos, metales ferrosos y preciosos, vidrio), 25 % de materiales reutilizables (cables, motores, fuentes, lectoras, imanes) y 3 % de residuos peligrosos (tubos de rayos catódicos, gases de refrigeración, PCB). Particularmente una PCB o placa de circuito impreso está construida sobre una base no conductora donde se acomodan materiales conductores y posteriormente los componentes electrónicos. El Cu es el metal más comúnmente utilizado pero podemos hallar además Au, Ag, Sn, Pt, Pb, Al, Pd. Recuperar los metales de la basura electrónica ("Minería Urbana") es más económico ambiental y monetariamente que extraerlos de la tierra, ya que la minería de los metales como Oro, Platino, Cobre, Paladio implica grandes cantidades de agua y energía [1]. El objetivo de este trabajo es caracterizar la composición relativa de metales recuperables y la de materiales no reutilizables, mediante la técnica LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy), para finalmente generar procedimientos de recuperación de esos materiales a partir de residuos tecnológicos. Estos procedimientos podrían ser utilizados por cooperativas y/o gestores de RAEEs, asegurando al mismo tiempo la utilización o deposición segura de los materiales no recuperados.

-

1. "Las 5R de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEEs)". Carina Morando, Osvaldo Fornaro. 106 Reunión Nacional de Física RAFA. 12 al 15 de octubre de 2021.
2. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (2020). Manual: Gestión Integral de RAEE. Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular (1a ed).

## AT-8 Desarrollo de espectrofotometría para dispositivos celulares

Szlafsztein F<sup>1</sup>, López I<sup>1</sup>, Águila P<sup>1</sup>, Capeluto M G<sup>2</sup>, Ledesma S<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Estudiante de Licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Laboratorio de Óptica y Fotónica. Depto. de Física. FCEyN. UBA*

Los teléfonos celulares tienen cada vez un rol más importante en aplicaciones científicas, gracias a su portabilidad, masividad y cada vez mayor nivel de precisión en sus sensores integrados. Por otra parte, la espectrometría permite una rápida obtención de información sobre la sustancia estudiada, pudiendo aportar información de gran importancia, por ejemplo, en el análisis de la composición química de aguas [1] y en la producción de alimentos [2]. En este trabajo se realizó un primer prototipo de un espectrómetro celular, que consiste en un dispositivo que se adiciona al celular y un programa para analizar imágenes espectrales, desarrollado en lenguaje Kotlin para Android. El diseño consta de una carcasa, una fuente led y una red de difracción como elemento dispersor y usa la cámara CMOS del teléfono celular como sensor. La carcasa se construyó con una impresora 3D y se tuvo en cuenta la accesibilidad a la cámara de distintos celulares. El programa desarrollado permite medir tanto el espectro como la absorbancia de una muestra. Se muestran resultados para mediciones realizadas sobre muestras de distintas concentraciones.

[1] G Kocakusak et al, Anal. Methods, 2016

[2] F Ayala et al, Am J Enol Vitic. January 1997 48:357-363.

## AT-9 Detección y Clasificación de Precipitaciones en Parte del Territorio Sudamericano: Análisis Cuantitativo y Cualitativo del Producto QPE de GOES-16 y Entrenamiento de Redes Neuronales

Andelsman F<sup>1</sup>, Masuelli S<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

La variabilidad de las precipitaciones en distintas escalas espacio-temporales afectan nuestra vida y la naturaleza misma del clima. La estimación de precipitaciones en la superficie terrestre es importante en términos científicos (e.g., para la mejora de modelos hidrológicos), sociales (e.g., en el monitoreo de enfermedades transmitidas por el agua) y económicos (e.g., proyección del rendimiento de cultivos). En las últimas décadas, las operaciones satelitales han posibilitado la generación de estimaciones de precipitaciones a una escala global. La variedad de sensores a bordo nos permiten

observaciones regulares de la Tierra y de la atmósfera en un gran rango de longitudes de ondas: visible, infrarrojo (IR) y microondas (MW).

Centramos nuestro estudio en el análisis del producto de Estimaciones Cuantitativas de Precipitaciones [1] (QPE, por sus siglas en inglés) del satélite GOES-16. El algoritmo QPE produce una tasa de lluvia en milímetros por hora en una grilla con una escala de 2 km mediante el uso de data de IR y la calibración con tasas de lluvia provenientes de satélites con información de MW. La zona de estudio elegida se extiende aproximadamente desde los 17° S hasta los 39° S y desde los 49° W hasta los 73° W y contiene los países de Uruguay, Paraguay y partes de Argentina, Brasil, Chile y Bolivia. A su vez, se consideran solamente los primeros 15 días del mes de Enero del año 2021.

Se busca estudiar los rasgos temporales y espaciales de las precipitaciones mediante gráficos de frecuencia y visualizaciones de las imágenes. En particular, se espera encontrar rangos horarios y regiones con predominancia de lluvia y comprobar la generación de cúmulos para distintas intensidades de precipitaciones. Paralelamente, se lleva a cabo la identificación de posibles anomalías en la información recibida.

El propósito final de este estudio es el uso del producto QPE como etiqueta para entrenar una red convolucional con diferentes bandas de radiancia en el IR del satélite Goes-16 y la posterior validación de los resultados con información de suelo provista por el Servicio Meteorológico Nacional Argentino.

[1] GOES-R Algorithm Working Group and GOES-R Program Office, (2018): NOAA GOES-R Series Advanced Baseline Imager (ABI) Level 2 Rainfall Rate / QPE. NOAA National Centers for Environmental Information. doi:10.7289/V5W66J21.

## AT-10 Estudio de la variabilidad de parámetros hidrológicos en el río Fiambalá, Catamarca

Savio M E<sup>1</sup>, Curchod C<sup>2</sup>, Contreras M<sup>3</sup>, Gaffet P J<sup>4</sup>, Vera M<sup>4</sup>, Ortiz E d V<sup>5</sup>, Caletti C B<sup>1</sup>, Nieva J M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Monitoreo y Control de la Degradación Geoambiental - IMCoDeG - Fac. de Tecnología y Cs. Aplicadas - UNCa

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca

<sup>3</sup> Facultad de Humanidades - Universidad Nacional de Catamarca

<sup>4</sup> Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - Universidad Nacional de Catamarca

<sup>5</sup> CONICET

El río Fiambalá tiene el origen en la parte sud de la cordillera de San Buenaventura y la falda occidental de un sistema de sierras de Fiambalá que está compuesto por la sierra de Culampajá al norte y las de Zapata al sud, vuelcan sus aguas en un amplísimo espacio permeable conocido con el nombre de Bolsón de Fiambalá. Dentro de este bolsón que tiene el aspecto de una impresionante aridez, se encuentran algunas

pequeñas poblaciones como Saujil, Medanito, Tatón, Palo Blanco, Punta del Agua, Chuquisaca, Mesada de Zárate, La Ciénaga, y Antinaco. La disponibilidad del agua depende de la hidrología y ecología de la cuenca y es influenciada de manera significativa por la meteorología y el clima. Por lo tanto, se requiere para el monitoreo de la calidad de agua información, observaciones y modelación de componentes del balance hídrico para la organización a nivel de cuenca e implementar una gestión integral de los recursos hídricos. El conocimiento de las variaciones estacionales y temporales permite estudios de evapotranspiración, optimización de la demanda de agua en riego, previsión de cultivos, planificación agrícola, cambio climático, etc, importantes para la realización del balance hídrico. En la actualidad se puede acceder a fuentes de datos relevantes para el monitoreo de cuencas fluviales mediante la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). La ventaja de incluir las observaciones satelitales en este proyecto es debido a que están disponibles para grandes regiones, existen series temporales largas con una amplia continuidad de datos que permiten hacer el seguimiento del progreso; establecer bases y tendencias para un análisis estadístico que complementan los métodos tradicionales, son consistentes y comparables con otras fuentes de datos y se pueden comparar con datos in situ. En esta etapa del proyecto se tomaron los datos directamente de las muestras in-situ. Se realizaron mediciones de pH, oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica. Si bien se tomaron muestras para obtener otros datos, pero no se realizaron análisis de laboratorio debido a la situación de pandemia y a problemas presupuestarios. Los datos recolectados y derivados se volcaron al SIG, generado en los proyectos anteriores. Se obtuvieron mapas de distribución espacial de: pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica. La utilidad de estos productos servirá para proyectar y realizar modelos que sirvan para la gestión del recurso hídrico y para la toma de decisiones a nivel de productores y autoridades gubernamentales.

## **AT-11 Estudio de una tormenta geomagnética severa ocurrida en 2017**

Melendi Y D<sup>1</sup>, Sallago P<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física - Universidad Nacional del Sur*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - Universidad Nacional de La Plata*

El campo magnético observado en la superficie terrestre no es constante, sino que está sujeto a variaciones en todas las escalas de tiempo. En particular, las tormentas geomagnéticas corresponden a variaciones irregulares ocurridas de forma espontánea debido a la liberación de partículas energéticas y eyecciones de masa coronal (EMC) provenientes del Sol que viajan por el medio interplanetario e impactan con el campo magnético terrestre. Las perturbaciones suelen durar entre 1 y 3 días y se caracterizan por tasas de disipación de energía de hasta  $10^{12}$  W. Su estudio es importante debido

a los efectos que estas perturbaciones generan en sistemas eléctricos de transmisión y dispositivos electrónicos, como el bloqueo de ondas de radio de alta frecuencia, pérdida de orientación en la navegación GPS, entre otros.

En este trabajo, se estudiaron las perturbaciones provocadas por una tormenta geomagnética severa ocurrida entre los días 7 y 8 de Septiembre del 2017, analizando la componente horizontal del campo geomagnético terrestre registrada en estaciones geomagnéticas ubicadas a distintas latitudes. Además, se determinaron las fases de la tormenta y se compararon los datos de las estaciones con distintos índices geomagnéticos (Kp, Dst, SYM-H, AU, AL, AE, AO, SMU y SML). Se evidencia la diferencia entre el comportamiento frente a las perturbaciones de las estaciones ubicadas en latitudes medias y bajas, y aquellas estaciones localizadas en regiones aurorales. Además, se discute el comportamiento peculiar que se encuentra en los registros de algunas de las estaciones.

## AT-12 Evaluación del modelo McClear y Heliosat-4 en Pilar, Córdoba y Villa Martelli, Buenos Aires

Lusi A R<sup>1 2 3</sup>, Orte F<sup>1 2</sup>, Alonso Suárez R<sup>4</sup>, Wolfram E<sup>1 5</sup>, DELia R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CONICET

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones, CONICET-CITEFA

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

<sup>4</sup> Laboratorio de Energía Solar, Facultad de Ingeniería, UDELAR, Montevideo, Uruguay

<sup>5</sup> Servicio Meteorológico Nacional

La demanda mundial de sistemas solares fotovoltaicos ha crecido en forma sostenida durante los últimos 20 años [1]. El potencial de la energía solar no cesa en su crecimiento y un factor crucial sobre otras tecnologías de generación ha sido su rápida reducción de costos durante la última década, dando mayor competitividad sobre otros tipos de energías renovables. Argentina cuenta con un recurso excepcional en el NOA y Cuyo, con un promedio de más de 2300 kWh/m<sup>2</sup> de irradiancia directa al año, e incluso fuera de esa región, presenta una disponibilidad de recurso solar más que aceptable si se lo compara con otros países con alto desarrollo fotovoltaico como India, Japón, Vietnam, Ucrania, Alemania y Corea del Sur [2]. Los proyectos de energía solar requieren de una gran inversión, por lo que antes de emprenderlos es fundamental la disponibilidad de información confiable para la evaluación del recurso. Es decir, los inversores deben contar con datos fiables de radiación solar, entre otros aspectos, para poder predecir con precisión el rendimiento de una planta. Los modelos satelitales son una herramienta útil para evaluar el recurso, pero en ausencia de ajuste local contra medidas en tierra de calidad controlada carecen de la precisión para mitigar de forma eficiente los riesgos de producción de energía en grandes proyectos.

En este sentido, la comparación de información de radiación solar basada en satélites con mediciones de tierra es necesaria para asegurar la confiabilidad del conjunto de datos. En este trabajo, los datos 15-minutales de irradiación global horizontal (GHI) del modelo Heliosat-4 [3] para toda condición de cielo y McClear [4] para condición de cielo despejado fueron evaluados contra mediciones terrestres en dos estaciones de la red Saver-Net (<http://www.savernetsatreps.org>): Pilar (Córdoba) y Villa Martelli (Buenos Aires). Se encontró un sesgo bajo para ambos modelos y un rRMSD de 2.4

[1] Solar Power Europe, Global market outlook for solar power 2021-2025. Solar Power Europe, July 2021.

[2] World Bank Group, Global solar atlas, 2021. URL <https://globalsolaratlas.info>

[3] Qu, Z., Oumbe, A., Blanc, P., Espinar, B., Gesell, G., Gschwind, B., Klüser, L., Lefevre, M., Saboret, L., Schroedter-Homscheidt, M., y Wald, L. (2017). Fast radiative transfer parameterisation for assessing the surface solar irradiance: The Heliosat-4 method. *Meteorologische Zeitschrift*, 26(1):33-57.

[4] Lefèvre, M., Oumbe, A., Blanc, P., Espinar, B., Qu, Z., Wald, L., Homscheidt, M. S., Arola, A., 2013. McClear: a new model estimating downwelling solar radiation at ground level in clear-sky conditions, *Atmospheric Measurement Techniques*, European Geosciences Union, vol 6, pp. 2403-2418.

## AT-13 **Identificación y descripción de geoformas y su distribución en la cuenca del río Chaschuil, Catamarca, Argentina**

Serra M<sup>1 2</sup>, Ortiz E d V<sup>1 2</sup>, Niz A E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Monitoreo y Control de la Degradación Geoambiental - IMCoDeG - Fac. de Tecnología y Cs. Aplicadas - UNCa*

<sup>2</sup> *CONICET*

El Valle de Chaschuil se ubica al Oeste de la provincia de Catamarca, en el departamento Tinogasta, pertenece a una cuenca de gran altitud ya que contiene volcanes de más de 6000 msnm. Geomorfológicamente se observan dos sectores claramente diferenciables: uno occidental, con predominio casi exclusivo del proceso volcánico y glaciar, y otro oriental, en el cual ha prevalecido el proceso fluvial formando una serie de valles longitudinales cerrados, los que constituyen cuencas endorreicas. En la parte oriental, el relieve positivo creado por la acción tectónica ha resultado en diferentes pulsos de agradación pedemontana. En la parte distal y debido al drenaje endorreico, se han desarrollado depósitos de playas salinas, resaltando el bajo de Incahuasi o laguna de San Francisco, cuya depresión se encuentra casi totalmente colmatada por materiales finos y depósitos salinos. El volcanismo en la zona del límite internacional desarrolla una serie de grandes estratovolcanes o volcanes compuestos, conformados

por superposición de coladas andesíticas-dacíticas, formación de domos y acumulación de tefras. Estas calderas se hallan parcialmente obliteradas por el accionar posterior de procesos endógenos y exógenos. Finalmente, las particularidades del clima han determinado la generalizada presencia de acumulaciones arenosas, a partir de la deflación diferencial de materiales piroclásticos. En función de lo mencionado, el objetivo de este trabajo fue describir la geomorfología de la zona de estudio considerando las siguientes categorías: Asociación geomorfológica volcánica, Asociación geomorfológica glaciar, y Geoformas ubicadas en el área pedemontana. Para esta descripción se establecieron rangos, acorde al área involucrada, de acuerdo a la jerarquización del paisaje, partiendo del análisis y descripción de las geoformas de erosión y luego de las geoformas de acumulación, en el caso de las tres categorías.

## AT-14 Modelado global de la variabilidad espacio-temporal de fuentes y sumideros de sustancias halogenadas

Reynoso A<sup>1</sup>, Tomazzeli O<sup>2</sup>, Berná L<sup>3</sup>, Fernandez R P<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Instituto Interdisciplinario de Ciencias Básicas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),

<sup>3</sup> GEAA - Grupo de Estudios Atmosféricos y Ambientales. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza

Los halógenos tipo VSL (very short-lived) son compuestos orgánicos naturales, principalmente bromados y yodados, que provienen en mayor medida de las zonas biológicamente activas de los océanos, donde el rápido y permanente transporte vertical por convección puede elevar las masas de aire superficiales hasta la tropósfera libre [1]. Pese a esta prevalencia biogénica, en los últimos años se ha observado un incremento en las emisiones de compuestos VSL clorados de origen antropogénicos a raíz de la actividad industrial [2]. En algunas regiones del planeta como Sudamérica, las observaciones de este tipo de sustancias halogenadas son escasas, lo que dificulta conocer cómo contribuyen las fuentes orgánicas e inorgánicas (primarias y secundarias) a la presencia de VSLs naturales y antropogénicos. Se desconoce en particular cuál es la variabilidad latitudinal, longitudinal, vertical y temporal de las concentraciones atmosféricas de VSLs, así como de las distintas fuentes y sumideros de halógenos. Conocer esta distribución espacial y temporal de emisiones y sumideros es de suma importancia para caracterizar los procesos de remoción y reciclado de halógenos reactivos y reservas que destruyen la capa de ozono y la capacidad oxidativa de la tropósfera.

Con el objeto de entablar tal caracterización, se determinó el balance de masas de cada una de las familias de halógenos utilizando el modelo climático global CAM-Chem

(Community Atmospheric Model with Chemistry) [3][4]. Este modelo fue adaptado dentro de los entornos CESM1 [5] y CESM2 [6] para extraer de forma diferenciada la contribución de los procesos fotoquímicos a las reacciones de oxidación mediadas por OH en las que participan los VSL. Los resultados obtenidos indican que para el caso del cloro, las fuentes provenientes de compuestos VSL antrópicos es significativamente mayor que la de los naturales, mientras que para el bromo, la contribución de los VSL biogénicos es la dominante. El modelo predice además que, dentro de la capa límite marina (MBL), el reciclado heterogéneo de reservorios halogenados inorgánicos superó la contribución proveniente de fotólisis y OH. Por último, se obtuvo una excelente correspondencia entre los resultados obtenidos en CESM1 y CESM2.

### Referencias:

- [1] Saiz-Lopez, A. and von Glasow, R.: Reactive halogen chemistry in the troposphere, *Chem. Soc. Rev.*, 41(19) (2012).
- [2] Hossaini, R., Atlas, E., Dhomse, S. S., Chipperfield, M. P., Bernath, P. F., Fernando, A. M., Mühle, J., Leeson, A. A., Montzka, S. A., Feng, W., Harrison, J. J., Krummel, P., Vollmer, M. K., Reimann, S., O'Doherty, S., Young, D., Maione, M., Arduini, J. and Lunder, C. R.: Recent Trends in Stratospheric Chlorine From Very Short-Lived Substances, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 124(4) (2019).
- [3] Lamarque, J. F. et al. CAM-chem: description and evaluation of interactive atmospheric chemistry in the Community Earth System Model. *Geosci. Model Dev.* 5, 369-411 (2012).
- [4] Fernandez, R. P., Barrera, J. A., López-Noreña, A. I., Kinnison, D. E., Nicely, J., Salawitch, R. J., et al.. Intercomparison between surrogate, explicit and full treatments of VSL bromine chemistry within the CAM-Chem chemistry-climate model. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL091125 (2021).
- [5] Tilmes, S. et al. Representation of the Community Earth System Model (CESM1) CAM4-chem within the Chemistry/Climate Model Initiative (CCMI). *Geosci. Model Dev.* 9, 1853-1890 (2016).
- [6] Danabasoglu, G., Lamarque, J.-F., Bacmeister, J., Bailey, D. A., DuVivier, A. K., Edwards, J., et al.. The Community Earth System Model Version 2 (CESM2). *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12, e2019MS001916 (2020).

## AT-15 Modelo de interacción de magma con corteza

Blengino Albrieu J L<sup>1</sup>, Quevedo R A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales - Universidad Nacional de Río Cuarto*

El mecanismo de ascenso de magma en la corteza continental superior es todavía

un problema sin resolver. Este proceso no solamente depende de factores físicos y químicos sino que además, está condicionado por las características específicas de la región donde ocurre el magmatismo. En particular, la simulación de sistemas magmáticos permite modelar procesos ígneos como la formación de cadenas montañosas. Para realizar una primera aproximación a estos fenómenos y con el objetivo de obtener resultados compatibles con los experimentales; se plantea un modelo de difusión multiespecie unidimensional, generalizable a más dimensiones, para un medio líquido-sólido con fusión de éste último. En este trabajo se muestran resultados del modelado de ecuaciones diferenciales para una fase sólida semi-infinita que atraviesa un proceso de fusión, durante el cuál hay difusión de las especies químicas involucradas hacia el fundido.

### **AT-16 Monitoreo de concentraciones de metano atmosférico: comparación entre colectas de aire con dispositivos presurizados y despresurizados**

Mansilla R A<sup>1</sup>, Stadler C<sup>1</sup>, Fusé V<sup>1</sup>, Gomba J<sup>1</sup>, Juliarena P<sup>1</sup>, Correa P<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Arroyo Seco (CIFICEN-CONICET), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

Utilizando dispositivos que colectan aire por diferencias de presión y dispositivos que colectan aire a presión atmosférica, realizamos un monitoreo de las concentraciones atmosféricas de gas metano (CH<sub>4</sub>) en el Relleno Sanitario de la ciudad de Tandil (Buenos Aires, Argentina), ubicado a 15 km del casco urbano. Tomando como referencia a los colectores presurizados, realizamos la colecta de aire en el sistema de venteo de los gases generados en el relleno sanitario, seleccionando 13 chimeneas distribuidas en 3 celdas cerradas que contienen los residuos sólidos urbanos compactados. Llevamos a cabo los muestreos durante 6 campañas mensuales de 5 días cada una, entre octubre de 2021 y marzo de 2022. Dispusimos los dispositivos de a pares en cada una de las chimeneas. Realizamos el análisis de las muestras de aire por cromatografía gaseosa para la determinación de las concentraciones de CH<sub>4</sub> y presentamos los resultados de cada una de las campañas en gráficos comparativos entre ambos tipos de colectores.

### **AT-17 Optimización de parámetros operativos para el análisis de hidrocarburos en suelos mediante la técnica Laser-Induced Breakdown Spectroscopy**

Martino L J<sup>1</sup>, D Angelo C<sup>1</sup>, García Einschlag F<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), CONICET -

## UNLP

La composición de un suelo contaminado por hidrocarburos es muy variada; generalmente involucra -como principales contaminantes- a diferentes sustancias orgánicas, metales pesados y otros elementos tales como V, Ti, Hg y As, entre otros [1]. A partir de la detección de estas anomalías en muestras de suelo se podría inferir la presencia de hidrocarburos en zonas contaminadas, lo que llevaría a elegir un plan de contingencia adecuado. Con esto, el objetivo principal es desarrollar una metodología sistemática y analítica que ayude a evaluar la contaminación de suelos por diferentes hidrocarburos, mediante el análisis de registros espectrales y técnicas estadísticas. Para este fin, se prepararon muestras representativas y homogéneas de suelos contaminados con hidrocarburos, a partir de la utilización de combustibles, solventes y aceites lubricantes de motores y transmisiones, tanto nuevos como usados. El suelo original se obtuvo de un sitio prístino, para garantizar que no haya interferencias en las mediciones debido a ninguna fuente de contaminación, el mismo se recolectó en los primeros centímetros de la superficie. La concentración final de hidrocarburos en muestra se determinó luego de un análisis bibliográfico para asegurar que el armado sea representativo. A su vez, se contó con una muestra de suelo limpio con fines de control y comparación. Por medio de la técnica Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) [2] se adquirieron registros de señales en un amplio rango del espectro, y mediante un estudio exhaustivo de las condiciones experimentales y el análisis de los espectros, se evaluaron los parámetros más adecuados que permitieron la identificación de diferentes hidrocarburos en muestras de suelos con espectros semejantes. Se evaluó la energía del pulso láser, las señales en diferentes zonas del plasma, la cantidad de espectros integrados y las mejores regiones del espectro donde sea posible extraer la mayor información posible. De esta forma, se presentan los resultados preliminares en la adquisición de registros espectrales para la posterior creación de un método alternativo en la identificación de contaminación de suelos por hidrocarburos.

[1] Petroleum, British. 2020. Statistical Review of World Energy. ed. Statistical Review of World Energy BP. London.

[2] Cremers, D. A., Radziemsky, L. J. (2006). Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. John Wiley Sons, Ltd.

## AT-18 Petrografía y mineralogía química de la condrita Claromecó: un enfoque multianalítico

Baque L<sup>1</sup>, Halac E<sup>2,3</sup>, Ramos C<sup>1,3</sup>, Vega D<sup>2,3</sup>, Acevedo R D<sup>4,5</sup>, Gard F S<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA-CONICET

<sup>2</sup> Escuela de Ciencia y Tecnología - UNSAM

<sup>3</sup> *Departamento de Física de la Materia Condensada, CAC, CNEA*

<sup>4</sup> *Centro Austral de Investigaciones Científicas*

<sup>5</sup> *Universidad Nacional de Tierra del Fuego*

<sup>6</sup> *Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica*

El meteorito Claromecó, encontrado en 1963 en Claromecó (Provincia de Buenos Aires, Argentina), está conformado por dos rocas de color marrón rojizo de aproximadamente 13 kg cada una y ha sido identificado como una condrita ordinaria. Las condritas son meteoritos no metálicos que no han evolucionado a través de procesos de fusión o de diferenciación en los asteroides de los que proceden. Se distinguen de los meteoritos metálicos por su composición baja en hierro (Fe) y níquel (Ni) y representan casi 85 % de los meteoritos que caen a la Tierra. Se originaron a partir de la acumulación de diferentes tipos de polvo y pequeños granos en el Sistema Solar primitivo que dieron lugar a la formación de asteroides. Su conocimiento proporciona claves importantes para comprender el origen y la edad del Sistema Solar y el origen de la vida. Una de sus características es la presencia de cóndrulos, que constituyen entre el 20 % y el 80 % de su volumen, y que son granos redondos a modo de gotas fundidas -o parcialmente fundidas- formados en el espacio por distintos minerales. En este trabajo, varios fragmentos del meteorito Claromecó fueron estudiados mediante una amplia variedad de técnicas analíticas. Un análisis integral mediante Espectroscopía Raman usando el método *point counting* reveló que la composición de la olivina en su forma fayalita (Fa) y el piroxeno (Fs) en su forma ferrosilita (Fs) presente en el meteorito es  $Fa\ 25 \pm 2$  y  $Fs\ 23 \pm 2$ , respectivamente donde Fa:  $Fe_2SiO_4$  (fayalita) y Fs:  $Fe_2Si_2O_6$  (ferrosilita). Estos resultados coinciden con la composición determinada por Espectroscopía de energía dispersiva - Microscopía Electrónica de Barrido (EDS-SEM) de  $Fa\ 25 \pm 2$  y  $Fs\ 22 \pm 1$ , indicando que el meteorito Claromecó debe ser clasificado como una condrita ordinaria tipo L. El análisis semicuantitativo por Espectroscopía Mössbauer arroja una cantidad total de  $Fe^0$  y compuestos férricos de alrededor del 9 % y el 17 %, respectivamente. Asimismo, el análisis mediante difracción de rayos X (DRX) muestra la presencia de silicatos de hierro y magnesio bajos en calcio y óxidos de hierro (hematita y magnetita), lo que confirma los resultados de las espectroscopías Raman y Mössbauer. Por otra parte, la técnica de espectrometría de masas de iones secundarios detectados por tiempo de vuelo (ToF-SIMS) permitió detectar la presencia de los elementos: Li, B, Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Cr, Fe, Cu, Zn y Ni, y permitió también identificar claramente, gracias a la alta resolución en masa, varios isótopos de estos elementos. Las imágenes de iones secundarios demostraron el potencial de la técnica ToF-SIMS para proporcionar también un análisis mineralógico.

**AT-19** **Representación de los resultados de las muestras obtenidas del Río Abaucán, Tinogasta, Cata-**

## marca en el Servicio Web Map

Montivero M E<sup>1</sup>, Ortiz E d V<sup>1 2</sup>, Rivero C<sup>3</sup>, Acevedo R<sup>3</sup>, Savio M E<sup>1</sup>, Quirelli P<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Monitoreo y Control de la Degradación Geoambiental - IMCoDeG - Fac. de Tecnología y Cs. Aplicadas - UNCa

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - Universidad Nacional de Catamarca

El servicio Web Map (WMS) definido por el OGC (Open Geospatial Consortium) produce mapas de datos referenciados espacialmente, de forma dinámica a partir de información geográfica. El estudio hidrográfico, al ser combinado con un sistema de información geográfico (SIG) permite desarrollar un modelo cartográfico integrando las distribuciones espaciales, como por ejemplo cobertura vegetal, condición hidrológica y pendiente del terreno entre otros. El objetivo principal de la investigación es integrar en un SIG y representar en un WMS los datos hidrológicos de muestras de agua obtenidos de la Cuenca del río Abaucán. Se confeccionó la base de datos digital para el área de estudio considerando las siguientes fases: a) Georreferenciación/ reproyección de la cartografía existente al sistema oficial de la República Argentina POSTGAR 07. b) Transformación y estandarización de formatos digitales que comprende la exportación digital de información geográfica desde el formato de origen al formato OGC utilizando QGIS. c) Incorporación de imágenes satelitales georreferenciadas y procesadas. d) Realización de las técnicas necesarias para generar una geodatabase para aplicar los geo-procesos y publicación de un Servicio Web Map (WMS). La utilización de una base de datos creada para el análisis y gestión del sistema de la Cuenca del Abaucán, desde un sistema de información geográfica y el servicio WM, permitió representar y analizar el sistema hidrográfico de la cuenca.

## AT-20 Sensibilidad de redes neuronales a la elección de predictores para el caso de predicción de calidad del aire

Scagliotti A F<sup>1 2</sup>, Margarit D H<sup>1 3</sup>, Reale M V<sup>1 3</sup>, Impróvola S C<sup>1</sup>, Romanelli L M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería e Innovaciones Tecnológicas - Universidad Nacional de La Matanza

El diseño de Redes Neuronales Artificiales suele ser una tarea compleja dada la gran cantidad de hiper-parámetros y predictores a determinar con sensibilidades cruzadas. Este enfoque de modelado ha sido utilizado para el caso de predicción de contaminantes en todo el mundo, pero normalmente su implementación se realiza con parámetros predeterminados y predictores seleccionados con conocimiento exper-

to, lo cual puede sesgar los resultados. En regiones con limitado acceso a datos de calidad del aire, este problema es aún más complejo. Este estudio tiene como objetivo explorar y presentar una nueva metodología para el diseño de una red neuronal de tipo perceptrón multicapa para la predicción de material particulado en la Ciudad de Buenos Aires. Se implementaron métodos híbridos no lineales de aprendizaje automático para la selección de predictores utilizando un banco de pruebas perceptrón y clasificación con Mapas Auto-organizados. El modelo final logrado mostró un mejor ajuste en comparación con un modelo ensamblado y entrenado con conocimiento experto y puede adaptarse para otras regiones y a otros campos de estudio.

## ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

### Charlas

Martes 27 de septiembre

14:00-15:00

Guido Beck Aula 2

### Charla invitada a cargo de Martín Monteiro

15:00-15:20

Guido Beck Aula 2

### **Jornada de Exposición de Prácticas Experimentales en Física. Un espacio de trabajo colaborativo para lograr aprendizajes significativos en física.**

Santo M<sup>1</sup>, Reviglio A L<sup>1</sup>, Fernandez L<sup>1</sup>, Sigal E<sup>1</sup>, Wendel A<sup>1</sup>, Rubio R<sup>1</sup>, Otero M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales - Universidad Nacional de Río Cuarto*

Las prácticas experimentales y la comunicación de resultados ocupan un lugar preponderante en las carreras con perfil académico-científico-técnicos. De allí surge la necesidad de generar espacios donde el diseño, análisis y discusión de prácticas experimentales favorezcan el desarrollo de habilidades de comunicación en los estudiantes de este tipo de carreras. El objetivo de establecer estos espacios áulicos es ofrecer, durante la formación de grado, oportunidades para que los estudiantes tomen conciencia del importante rol de las diferentes formas de comunicación de la información, tanto para su incorporación crítica en las actividades de grado como para su futura aplicación en el campo profesional.

En este trabajo se describe el encuentro denominado Jornada de Exposición de Prácticas Experimentales en Física (JEPEF) que se desarrolla en el Departamento de Física de la UNRC, en el marco de las actividades previstas en un Proyecto de Innovación e Investigación para el Mejoramiento de la Enseñanza de Grado. Las asignaturas que participan de esta jornada son físicas cursadas por estudiantes de carreras con

perfiles diversos (tecnicatura, profesorado y licenciatura), ligadas a diferentes disciplinas (física y química).

Estas jornadas se desarrollaron en modalidad virtual durante 2020 y 2021 y en modo presencial durante 2022. Las mismas actuaron como estrategia cognitiva y motivadora, para la integración de aprendizajes de conceptos básicos de la disciplina, con el aprendizaje de competencias propias de sus respectivas prácticas profesionales, promoviendo así el desarrollo de herramientas útiles y necesarias para la futura inserción laboral de los egresados.

Las producciones presentadas por los estudiantes en la JEPEF son producto de una serie de actividades programadas, que favorecen la incorporación de los saberes y habilidades que son objetivos de este espacio. Las mismas se desarrollaron en tres etapas. Antes de la jornada, cada equipo de docentes y estudiantes realiza actividades experimentales propias de la asignatura, y confecciona el informe de resultados obtenidos en cada práctica. Posteriormente elaboran y presentan un resumen de la práctica experimental que seleccionan para exponer en la JEPEF. Durante la jornada los estudiantes presentan las actividades y resultados desarrollados, pudiendo optar por la modalidad póster o presentación oral. Estas presentaciones abrieron espacios de discusión, reflexión y análisis, generando debates estudiante-estudiante y docente-estudiante, sobre las diversas dimensiones implicadas en las problemáticas que se abordan y, especialmente, acerca del papel de la propia profesión en la generación y superación de esos problemas.

Las acciones realizadas permitieron fortalecer el desarrollo de competencias básicas en la comunicación de la información en forma oral y escrita, generar espacios académicos que favorezcan la formación crítica de los estudiantes y propender a la transversalidad de la enseñanza, incluyendo desde los primeros años actividades que se vinculan con su futuro rol profesional. También permitieron consolidar el trabajo colaborativo entre docentes de diferentes asignaturas para el diseño y desarrollo de una propuesta para repensar el aprendizaje de la física en contextos particulares, acorde al perfil profesional de los alumnos.

**Contacto:** Marisa Santo, [msanto@exa.unrc.edu.ar](mailto:msanto@exa.unrc.edu.ar) **Código Identificador:** 8502

15:20-15:40

Guido Beck Aula 2

## LA CIENCIA DE LO PEQUEÑO. UNA MIRADA CONCEPTUAL DE LAS APLICACIONES ACTUALES EN NANOTECNOLOGÍA

Napal M A<sup>1</sup>, Maldonado A S<sup>1 2</sup>, Ramos S B<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Física - Fac. de Ingeniería - Universidad Nacional del Comahue

<sup>2</sup> Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas - CONICET - UNCo

A través de una metodología seminario taller, en el ámbito de la Facultad de Ingeniería de la UNCo se realizó una propuesta de trasposición didáctica, en torno a temas de nanociencia y nanotecnología. La misma fue destinada a estudiantes de años avanzados de escuelas secundarias, primeros años de las carreras de ingeniería y nivel superior no universitario; además de docentes de escuelas primarias que se sumaron a la propuesta. Los temas de nanociencia y nanotecnología forman parte de los núcleos temáticos incluidos en los planes de estudio de nivel medio, por ello fue nuestro objetivo brindar un espacio de formación dirigido a los docentes de este nivel. Algunos de los propósitos buscados fueron: generar discusiones grupales acerca de los alcances de la nanotecnología, estimular la curiosidad respecto a nuevos términos y conceptos utilizados en la nanociencia e incentivar la investigación y posterior puesta en común acerca de los nano-objetos fabricados en los últimos años y su avance en el tiempo. Además, aprovechar el tema "nano" para abordar otros conceptos de la física: conceptos de óptica, mecánica cuántica, física del estado sólido, física computacional; desarrollados a nivel de divulgación y desde una mirada interdisciplinaria. Dentro de las actividades que se propusieron fueron la elaboración de una línea de tiempo, ejercicios prácticos sobre simulaciones computacionales, lecturas de textos científicos e históricos; entre otras. La experiencia mostró la gran necesidad de contar con este tipo de espacios de formación que permitan llegar a docentes de distintos niveles educativos con temas científicos en desarrollo y de alto impacto actual.

**Contacto:** Miguel Angel Napal, miguelnapal@yahoo.com.ar **Código Identificador:** 9341

15:40-16:00

Guido Beck Aula 2

## **Principio de Arquímedes. “Haciendo la plancha”: trabajo de laboratorio basado en el aprendizaje activo de la física, con materiales de bajo costo y fácil acceso.**

Carassay A D<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa

El principio de Arquímedes es un tema frecuente a enseñar en cualquier física básica universitaria. Sin embargo, en estas mismas asignaturas, entran en juego: una gran cantidad de contenidos que deben ser abordados en poco tiempo, y grupos de clase muy numerosos, con los cuales se hace dificultoso contar con el material de laboratorio adecuado. En este trabajo se presenta una propuesta de laboratorio con una mirada más creativa, capaz de ser ejecutada de manera presencial o virtual. Se emplean materiales de bajo costo y fácil acceso (huevos, agua, sal), de modo que el grupo de estudiantes pueda contar con el mismo en sus casas. La guía de laboratorio, deja a un lado los trabajos de laboratorio tradicionales, para emplear la metodología de trabajo sustentada en el aprendizaje activo de la física. Durante su desarrollo, los estudiantes tendrán que modelizar una situación en el laboratorio para dar respuesta a la pregunta: ¿por qué puedo flotar en el mar y no en la pileta? Esto, permite que el estudiantado realice conexiones entre conceptos, representaciones formales y el mundo real. Además podrán conseguir no sólo un aprendizaje superior, sino también una valoración social de la física y de su aprendizaje que favorezca, por ejemplo, las vocaciones por las carreras de ciencias e ingeniería.

**Contacto:** Amakeik Carassay, amakeikcarassay@gmail.com **Codigo Identificador:** 8808

## Miércoles 28 de septiembre

14:00-14:20

Guido Beck Aula 2

### ¿Qué ocurre cuando en una transición de fase de primer orden el volumen se mantiene constante?

Castro F J<sup>1</sup>, Correa V F<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

En una transición de fase de primer orden (o discontinua, según una clasificación más moderna), las variables extensivas de un sistema termodinámico experimentan, en general, una discontinuidad de salto al transformar de una fase a otra. Esta observación experimental constituye la base de la clasificación tradicional de las transiciones de fase formulada por P. Ehrenfest en 1933: en una transición de orden  $n$ , las derivadas de orden  $n - 1$  de la energía de Gibbs (energía cuyas variables naturales son intensivas) son continuas y al menos una derivada de orden  $n$  es discontinua. Tal esquema supone que las variables que pueden controlarse experimentalmente durante la transformación son intensivas ( $T$ ,  $p$ , etc.). Usando un formalismo sencillo, en este trabajo analizamos qué le ocurre a un sistema termodinámico simple ( $T$ ,  $p$ ,  $V$ ) cuando experimenta una transición de primer orden manteniendo el volumen del sistema

constante Demostramos rigurosamente que en tal caso: (i) la transformación no ocurre a una dada temperatura y presión, sino que se extiende sobre un rango finito de ambas variables; (ii) las variables extensivas (energía interna  $U$ , entropía  $S$ , entalpía  $H$ , energía de Helmholtz, energía de Gibbs) son continuas; (iii) la capacidad calorífica a volumen constante  $C_v$  no diverge sino que muestra una discontinuidad de salto. Estos resultados resaltan la importancia de las variables de control para distinguir el orden de las transiciones. Finalmente, usamos este formalismo para describir una eventual transición entre dos fases del agua: líquido y hielo VI.

**Contacto:** Facundo Castro, fcastro@cab.cnea.gov.ar **Código Identificador:** 9008

14:20-14:40

Guido Beck Aula 2

**Tres experiencias de intercambio en el área de Física Experimental entre dos facultades, FCEN (UNCuyo) y FCFMyN (UNSL): 1) Calibración de sensores tri-axiales de campos magnéticos, Mapeo 2D y Aplicación de campos magnéticos a levaduras. 2) Micro-sensores magnéticos: funcionamiento y caracterización. 3) Evaluación de propiedades texturales de materiales nanoporosos mediante adsorción de N<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.**

Escudero Bruna E<sup>1</sup>, Bustos B<sup>1</sup>, Makinistian L<sup>2</sup>, Dolz M I<sup>2</sup>, Barrera D<sup>2</sup>, Villarroel-Rocha J<sup>2</sup>, Fernández Gauna M C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Departamento de Física, Universidad Nacional de San Luis e Instituto de Física Aplicada, CONICET*

Los intercambios estudiantiles permiten vivir de manera condensada, experiencias que fomentan el desarrollo de aptitudes profesionales y nuevas relaciones. Ampliar y mantener una vasta red de contactos es fundamental en la formación de un científico. Por esta razón desde la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Cuyo se impulsan distintos programas tendientes a la movilidad estudiantil. En particular, desde el área de Física Experimental, se ofrecen pasantías de investigación a distintos laboratorios pertenecientes al departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físico, Matemáticas y Naturales de la Universidad Nacional de San Luis. En esta oportunidad se ofrecieron 5 proyectos de los cuales 3 fueron elegidos por las estudiantes.

Las pasantías constaron de tres etapas: primero se intercambiaron de forma virtual las propuestas y una vez elegidas se continuó con reuniones virtuales en las que los directores expusieron detalles sobre cada proyecto y compartieron bibliografía con los estudiantes. Luego los estudiantes viajaron a San Luis donde se insertaron a trabajar en cada laboratorio, conocieron los equipos, las metodologías de trabajo e hicieron la planificación de tareas y mediciones correspondientes. Finalmente regresaron a Mendoza desde donde hicieron el análisis de datos, utilizando las vías de comunicación virtual para consultar las dudas con los directores y así poder elaborar las conclusiones de cada trabajo. A continuación se comenta brevemente sobre los tres proyectos llevados adelante:

1) En el laboratorio de Magnetobiología se determinó el factor de calibración de un sensor tri-axial de campo magnético (CM) utilizando el campo producido por un par de bobinas de Helmholtz. Posteriormente se realizó un mapeo 2D del campo generado en el centro de las bobinas y se midió el CM producido por un sistema tri-axial de bobinas, dos pares de bobinas producían CM estático y el restante CM alterno. Luego se colocó en el centro del sistema de bobinas un recipiente cerrado con agua a 30°C, levaduras y un sensor de  $CO_2$  para comparar la concentración de  $CO_2$  producido por las levaduras expuestas a distintos CM.

2) En el laboratorio de Bajas Temperaturas y sistemas Micro-Electro-Mecánicos se midió la frecuencia de resonancia de un micro-oscilador, en vacío y a temperatura ambiente. Luego, a este micro-oscilador se le adhirió un nanohilo individual a través de la técnica de micromanipulación. Se determinó la respuesta ferromagnética del nanohilo bajo la influencia de un campo longitudinal externo a una temperatura de 10 K, a partir de las variaciones de frecuencia de resonancia del micro-oscilador.

3) En el laboratorio de Sólidos Porosos se realizó la caracterización textural de dos materiales nanoporosos con diferencias considerables en sus propiedades texturales mediante adsorción de gases. Un material de sílice meso-estructurado, SBA 15, se caracterizó con adsorción de  $N_2$  a 77 K y un carbón activado mediante adsorción de  $N_2$  y  $CO_2$  a 273 K. Como resultado de este estudio se obtuvieron las isotermas de adsorción-desorción correspondientes para cada material y posteriormente se emplearon estos datos para evaluar las propiedades texturales como la superficie específica, el volumen de poros y la distribución de tamaño de poros de los materiales mencionados.

Es importante mencionar que este tipo de experiencias hacen al desarrollo de habilidades profesionales como futuras Licenciadas en Física, ya que les han permitido conocer nuevos espacios y grupos de trabajo y establecer relaciones que podrán materializarse en futuras oportunidades laborales. Además, se fortalecen los vínculos entre las instituciones y los docentes involucrados generándose un proceso de crecimiento y aprendizaje colectivo que se traduce en una mejor formación académica para todos.

**Contacto:** Evelyn Alexa Escudero Bruna, [evelynescudero@gmail.com](mailto:evelynescudero@gmail.com) **Código Iden-**

tificador: 8854

14:40-15:00

Guido Beck Aula 2

## Una introducción a la termodinámica fuera del equilibrio en un curso básico universitario

Silva C<sup>1 2</sup>, Hamad I<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, ECEN, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario

<sup>2</sup> Taller de Investigación en Didáctica de las Ciencias y la Tecnología, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario

<sup>3</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

La presentación usual de la termodinámica en los cursos básicos universitarios desarrolla principalmente situaciones problemáticas de la termodinámica del equilibrio. En muy pocas situaciones se abordan temas de termodinámica fuera del equilibrio, ya sea porque estos no existen en los libros de texto usuales o por la complejidad matemática con que se desarrolla en los textos especializados en el tema. La excepción en estos cursos básicos es la presentación del tema "Transferencia de calor". Por su valor técnico, los libros que lo abordan lo trabajan a través de modelos sencillos, casi todos en el estado estacionario. Esta presentación puramente calculista y desconectada del carácter irreversible del estado estacionario hace que los estudiantes pierdan la única oportunidad de ver, en estos cursos, las características de los procesos termodinámicos fuera del equilibrio y su importancia general. Como consecuencia de este enfoque queda soslayada la importancia de la producción de entropía en los procesos irreversibles que amplía el concepto de energía, al agregar la idea de degradación, de relevancia tanto disciplinar como social y ambiental.

Para superar estas limitaciones, desde la cátedra de Física II de las carreras de Licenciatura y Profesorado en Física de la Universidad Nacional de Rosario hemos desarrollado una serie de alternativas didácticas incorporando nuevos materiales escritos e integrando en las clases videos ilustrativos, simulaciones y experiencias para poner en juego modelos sencillos educativos que describan sistemas fuera del equilibrio, procesos irreversibles y sus consecuencias y el aumento de entropía como pérdida de trabajo.

En este trabajo se describen los recursos empleados para incorporar estos contenidos y los primeros resultados obtenidos. Estos son prometedores ya que muestran los conocimientos adquiridos por los alumnos y nos proporcionan información para validar, mejorar y ampliar las alternativas didácticas implementadas.

**Contacto:** Carlos Mauricio Silva, carlosmauriciosilva@gmail.com **Código Identificador:** 9289

## Sesiones de Posters

- Martes 27/9: EF-1 a EF-15.
- Miércoles 28/9: EF-16 a EF-29.

### EF-1 Abordaje Creativo de la Enseñanza de Física Cuántica en el Nivel Medio

PEÑAFLORES Y B V<sup>1</sup>, GIFFI C P<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura - Universidad Nacional del Nordeste

<sup>2</sup> Facultad de Humanidades - Universidad Nacional del Nordeste

La enseñanza y comprensión de la Física Cuántica es un desafío para los docentes de nivel medio, especialmente en los tiempos vertiginosos y en la era de la información que nos atraviesan. Acercar esta ciencia a los adolescentes de hoy es abrir una puerta a un mundo nuevo que puede ser redescubierto por los jóvenes como una atrayente aventura y les permita tener una comprensión más acertada de la realidad. Para lograrlo usamos herramientas no convencionales, como la lectura de cuentos relacionados, de música o el cine, de esta manera logramos ofrecer al alumno la oportunidad de indagar, por ejemplo, a través de la literatura, cómo la ciencia está presente en todas partes y en todas las actividades humanas. Partimos de ejemplos de la vida diaria para tener otra mirada del mundo que nos rodea. Según la enseñanza positivista, debíamos acercar a nuestros alumnos a conceptos básicos de la Física, usando diversas herramientas tradicionales como el método científico, o interpretar los fenómenos y la forma como funcionan por medio de teorías y leyes, en los que el contexto y el ser humano tienen un papel protagónico muy pobre. La Física de hoy nos propone que nuestros alumnos se empapen de esas nociones básicas y sean reconocibles en la vida cotidiana, por ejemplo láseres, resonancia magnética, microprocesadores, microscopios de electrones, transistores, microchips, pendrives, entre otros, también explica muchos fenómenos biológicos y físicos de la energía para los cuales la física newtoniana o el electromagnetismo clásico resultan limitadas pero, sin dejar de reconocer y valorar la historicidad de la Física o sus vínculos con otros campos científicos. Actualmente nos encontramos en fase de estudio con el presente proyecto, utilizando

como base la metodología usada por físicos dedicados a la divulgación científica de una manera amena y atrapante, usando un lenguaje al alcance de cualquier persona, pero especialmente de nuestros adolescentes, como el cuento, provocando el apego de conceptos significativos. La experiencia obtenida hasta el momento ha dado buenos y prometedores resultados, ya que los alumnos participan y hacen muchas consultas que van surgiendo en el desarrollo de la clase, por ejemplo, a través del debate y resolución de acertijos cuando trabajamos con un cuento. AUTORES: Claudia Patricia GIFFI -Profesora en Letras (UNNE), claudiagiffi63@gmail.com - y Yanina Beatriz Viviana PEÑAFLORES - Estudiante del 4to año del Profesorado de Física (UNNE), yanbeflor@gmail.com-.

## EF-2 **Análisis de la fuerza de roce en la caída libre de un cuerpo a través del aire**

Campanella B I<sup>1</sup>, Fligler A<sup>1</sup>, Luppino E<sup>1</sup>, Salomone H D<sup>3</sup> <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física, Facultad de Cs. Exactas, Universidad Nacional de La Plata*

<sup>2</sup> *Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas, CONICET y Universidad Nacional de La Plata*

<sup>3</sup> *Instituto de Industria - Universidad Nacional de General Sarmiento*

En este trabajo se presenta una propuesta para la realización de una experiencia de laboratorio para enseñanza en nivel medio y superior, de muy bajo costo y con materiales muy accesibles. Se realizó la determinación experimental de la velocidad límite de la caída de un cuerpo en un medio viscoso (aire) en función de su peso. Como cuerpo se utilizó un globo de látex al cual se le modificaba la masa añadiéndole un peso variable (clips). Por otro lado, también se pudo determinar experimentalmente el régimen viscoso de la caída del globo en aire y se ha contrastado el ajuste de las mediciones con dos modelos diferentes: dependencia de la fuerza de roce con la velocidad de caída y dependencia de la fuerza de roce con el cuadrado de la velocidad de caída.

## EF-3 **Análisis del altavoz Leslie**

Linares Gómez J C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales - Universidad Nacional de San Luis*

En este trabajo se analizó el funcionamiento de un altavoz Leslie, que emplea sistemas mecánicos para lograr un efecto de sonido basado en el efecto Doppler mediante un par de cornetas. Se monta una experiencia que intente emular y explicar en base a principios simples, la modificación tonal del altavoz Leslie sobre la onda original.

## EF-4 **Columpio de Coriolis: una experiencia didáctica para la enseñanza de sistemas no inerciales**

Ríos N<sup>1</sup>, Silva A<sup>1</sup>, El Hasi C<sup>1 2</sup>, Vigh C D<sup>1 3 4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería - Universidad Argentina de la Empresa

<sup>3</sup> Instituto de Física del Plasma, CONICET-UBA

<sup>4</sup> Departamento de Física, FCEyN, UBA

El planeta Tierra es un sistema en rotación y los objetos que se mueven con respecto a esta verifican el fenómeno llamado *Efecto Coriolis*. El mismo se manifiesta en la Naturaleza por la desviación de los vientos en la atmósfera. Nos proponemos visualizar dicho efecto mediante un experimento sencillo: un columpio, construido con mangueras, por las cuales haremos circular una masa de agua. Si la masa de agua está en reposo los extremos de la manguera se mueven en fase, mientras que al hacer circular la masa de agua los extremos se mueven de forma desfasada, clara evidencia de la manifestación del efecto. El dispositivo es de bajo costo y sencillo de construir, por lo que puede utilizarse como herramienta didáctica en diversos contextos académicos y de comunicación científica.

## EF-5 **Conceptos analogables entre la Física y otras ciencias**

Muñoz J C<sup>1</sup>, König P<sup>1</sup>, Carbonell P<sup>1</sup>, Pena G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ingeniería en Computación, UNTREF

Teniendo en cuenta que establecer una analogía es efectuar una comparación explícita entre elementos de un dominio base y otro dominio destino, en el presente trabajo es nuestro interés indagar sobre conceptos analogables entre la Física y otras disciplinas. Así podemos actualmente encontrar los conceptos de entropía económica en Economía, resonancia límbica en Psicología, refracción metacognitiva en Educación, temperatura social en Ciencias Políticas, resiliencia jurídica en Derecho, entre tantos otros como la inercia social, la inducción hipnótica, la rigidez económica, la polarización social, el magnetismo personal, para mencionar sólo algunos ejemplos. Sin embargo, no debe presuponerse que necesariamente la Física se ubica en el dominio base en todas las situaciones como sí lo es, por ejemplo, en el caso del concepto de entropía. Tampoco que estas analogías se vienen proponiendo exclusivamente en los últimos años, puesto que encontramos este tipo de comparaciones y analogías ya mucho tiempo atrás, desde la misma y famosa Física Social del Conde Henri de Saint-Simon y Auguste Comte (1839), hoy conocida como Sociología, pasando por las fuerzas productivas de la Economía Política de Marx y la óptica moral de Nietzsche

(1889). Pero además, estas analogías también se dan dentro del marco de las propias Ciencias Naturales, tal como observamos con las poleas anatómicas (trocleartrosis), las poleas corporales de reflexión como la del músculo oblicuo mayor del ojo y las palancas anatómicas, aunque no presenten una estructura externa similar a barras rígidas, como es el conocido caso de la cabeza tomada como una palanca de primer género. Gran cantidad de estos conceptos, inercia, entropía, reflexión y refracción, están presentes en diferentes programas de estudio de Física y simultáneamente en programas de otras Ciencias, en distintas universidades de nuestro país y del exterior, con las significaciones propias de cada disciplina, y por ello consideramos que en el caso de los diferentes dominios destino puede resultar muy útil comprender la relación analógica establecida con los correspondientes dominios de base. Es en este contexto y como parte de nuestro trabajo hemos realizado un análisis pormenorizado de la analogía que se suele utilizar en Psicología en torno al concepto de resonancia.

## EF-6 Conceptualización Transmutada

González R<sup>1</sup>, Vigh C D<sup>2 3 4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Desarrollo Humano - Universidad Nacional de General Sarmiento

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento

<sup>3</sup> Instituto de Física del Plasma, CONICET-UBA

<sup>4</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

Hay diversas situaciones de clase, en las que se verifica que algunos estudiantes realizan una conceptualización que modifican radicalmente la explicada por sus docentes, quienes las considerarán erróneas. Inclusive, muchas veces, el esquema conceptual producido por el estudiante, se arraiga y persiste. Un ejemplo habitual conocido por la mayoría de los docentes, es la de considerar un par de acción-reacción a las fuerzas peso y normal de contacto de un cuerpo. Esto lleva a preguntarse cómo y por qué ocurre esta transmutación conceptual y cuáles podrían ser las estrategias para desarrollarla, sin que ello implique inhibir o anular la deseada postura crítica, necesaria en todo aprendizaje. En este trabajo consideramos los casos del par de acción-reacción y de la producción de imagen en una lente divergente, para presentar dos ejemplos de conceptualización transmutada y a su vez desarrollar un camino de respuestas a las preguntas planteadas.

## EF-7 Construyendo un espectrómetro con una impresora 3D y una webcam. Casi toda la óptica en un solo experimento.

Jan E<sup>1</sup>, Zaldivar Escola F<sup>1 2</sup>, Mingolo N<sup>1</sup>, Martínez O E<sup>3 2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Haces Dirigidos. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Laboratorio de Fotónica, Instituto de Ingeniería Biomédica, Universidad de Buenos Aires

El diseño de un instrumento con un fin específico expone al estudiante a preguntas y exploraciones que le obligan a una comprensión más profunda de los conceptos involucrados. Cada parte, componente y detalle pasa a resignificarse y los conceptos involucrados obligan a un escrutinio que no aparece en otras circunstancias experimentales. La elección de un espectrómetro como objeto de diseño tiene la virtud de involucrar casi todos los conceptos que aparecen en un curso de óptica introductorio universitario. Para estudiantes de carreras de ingeniería este enfoque resulta particularmente motivante pero no es menos relevante para estudiantes de carreras de ciencias. La flexibilidad del diseño permite manejar distintas alternativas: el compromiso entre mejorar la resolución cambiando el orden observado a expensas de pérdida de intensidad, cambiar la distancia y ancho de la ranura, el ángulo de incidencia en la red, etc. El aprendizaje incluye testear la confiabilidad del instrumento y entender la importancia de la calibración (práctica que es necesario adquirir en el uso de cualquier instrumento). Pensar en el diseño es distinto de medir con instrumento hecho por otro.

Para este desarrollo se ha elegido el uso de una impresora 3D para darle versatilidad al diseño. La detección con una cámara web aporta por un lado el bajo costo pero además fuerza a buscar mecanismos de procesamiento de la señal de modo de compensar distorsiones propias de dicho dispositivo como aberraciones, filtros espectrales y bajo rango dinámico.

En este contexto se expone al grupo de alumnos de un curso de óptica/ondas al desafío de diseñar y construir un equipo que por ejemplo resuelva el doblete del Na, la estructura de modos longitudinales de un láser semiconductor o la temperatura espectral de una lámpara o de la luz solar. Con este desafío en mente se debe encarar al estudio detallado de la relevancia de los parámetros de las diversas componentes. Comenzando por caracterizar la lente de la cámara en parámetros tales como distancia focal y apertura angular, sin desarmar la cámara. Siguiendo por entender el rol de la ranura de entrada y fabricar una acorde a los requerimientos utilizando la difracción como auxiliar de la construcción. Determinar el ancho de la imagen de esa ranura y como se relaciona con la resolución espectral. Ver si está limitado por difracción o es una imagen geométrica. Calculando las prestaciones de las redes disponibles, para distintos órdenes de difracción. La construcción se hace basándose en los planos disponibles de las estructuras tipo 'cage' de Thorlabs (bloques de construcción para sistemas ópticos, láser y de fibra óptica), que pueden ser adaptadas e impresas en plástico para estos fines. La caracterización de la cámara (rango dinámico, ruido, respuesta espectral) es parte del experimento. La calibración del equipo con líneas de lámparas conocidas (se puede utilizar líneas de lámparas de Hg o de H). La corrección de las aberraciones

de las lentes a partir de dicha calibración utilizando la mayor cantidad de píxeles de la cámara es un desafío extra. Procesar las imágenes y extraer mayor resolución de los datos es el cierre del trabajo. Eventualmente si la base de los alumnos lo permite, pueden incluir métodos de deconvolución para mejorar la resolución. En resumen la consideración de la influencia de cada elemento en la prestación del instrumento y el logro del objetivo deseado hace pensar conceptualmente en la interrelación de los parámetros y conduce a una comprensión más acabada de los conceptos involucrados. El ejercicio del diseño es particularmente enriquecedor para desencasillar al estudiante del pensamiento lineal: teoría-problema-solución. Se presenta en el trabajo un diseño posible y la caracterización del mismo.

## **EF-8 Creando interés en física e integrando el pensamiento computacional en las aulas de la escuela media: una experiencia con el entorno de programación Processing.**

Chiliotte C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento*

El uso de simuladores computacionales de experimentos científicos en el aula se ha vuelto común en los últimos años. Existen numerosas páginas de internet de acceso gratuito a simulaciones que abordan diversos temas de física. Probablemente la más famosa (y completa) sea la página de simulaciones interactivas de PhET de la Universidad de Colorado (fundado en el año 2002). El uso de estas páginas se ha revelado muy útil para la introducción a nuevos temas y como complemento a la enseñanza tradicional. Sin embargo, funcionan como una “caja negra” donde la interacción con el usuario pasa por la modificación del valor de algunas variables definidas por el creador de la simulación en su momento.

En este trabajo se exponen los resultados de un enfoque alternativo: la creación desde cero de simuladores de experimentos de física por parte de los alumnos. El desafío que supone codificar un algoritmo propio y original que permita resolver los problemas propuestos y mostrar en pantalla los resultados obtenidos se ha revelado como un método muy significativo para incrementar el interés en los temas propuestos y afianzar la apropiación de los contenidos. En este proceso el alumno debe utilizar sus conocimientos de física (consolidándolos) para resolver el problema planteado y presentar los resultados de manera clara. En este proceso de creación del algoritmo adecuado, se promueve el denominado pensamiento computacional, definido por Jeanette Wing (2006), como “la capacidad de formular un problema y pensar soluciones que puedan ser llevadas a cabo por un agente que procesa información”.

Para la codificación de los simuladores se usó el entorno de programación Processing. Este software libre posee su propio IDE de desarrollo y es muy fácil de aprender, lo que lo hace ideal para usarlo como una introducción a los lenguajes de programación para alumnos sin ninguna experiencia en el tema. Aun así, posee las estructuras clásicas de otros lenguajes (como while/do, for, if/else, etc) y permite escalar el grado de dificultad hasta el desarrollo de aplicaciones complejas.

## EF-9 Difracción de la luz contando fotones: una excusa para aprender a medir

Zaldivar Escola F<sup>1 2</sup>, Jan E<sup>1</sup>, Sanchez G A<sup>3</sup>, Lacapmesure A M<sup>4 2</sup>, Martínez O E<sup>4 2</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Haces Dirigidos. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *CONICET*

<sup>3</sup> *Universidad Nacional de Avellaneda*

<sup>4</sup> *Laboratorio de Fotónica, Instituto de Ingeniería Biomédica, Universidad de Buenos Aires*

Realizar prácticas de laboratorio extendidas en varias jornadas permite a los estudiantes profundizar en los conceptos, focalizar las dudas y adquirir nociones más abarcativas de la temática. Pero es por sobre todo mucho más motivante. Con esto en mente diseñamos un experimento en que los alumnos adquieren el patrón de difracción de una rendija contando fotones individualmente para ir construyendo en la acumulación la figura que esperan del electromagnetismo (la óptica) clásico. La estructura del montaje es abierta pues la participación en el diseño permite que vayan incorporando paulatinamente los conceptos y seleccionando las mejores opciones. El experimento se basa en dirigir el haz difractado hacia el detector (un fotomultiplicador con discriminador de pulsos trabajando en modo contador de fotones) luego de ser desviado en un espejo rotatorio controlado por un motor paso a paso. Tanto el control del motor como el conteo de fotones se hacen con tecnología basada en la placa Arduino UNO en cuya programación puede participar el estudiante. El trabajo incluye caracterizar la linealidad del LED utilizado como fuente de luz con un fotodiodo. Esto conlleva a discutir cómo ganar confianza en nuestro modelo, a discutir si está en sus posibilidades cómo funciona el LED y el fotodiodo. Además a partir de las curvas de sensibilidad típicas del fotodiodo se puede estimar el flujo de fotones que estaría llegando al fotomultiplicador de modo de atenuar adecuadamente el haz para no saturar o dañar el detector. Esto les provee de un entrenamiento en diseño de experimentos, ya que no importa para esta estimación la calibración exacta pues solo necesitamos órdenes de magnitud. El armado mecánico se realiza mediante la impresión 3D de piezas basadas en adaptaciones de los planos, provistos por la empresa Thorlabs, de la tecnología de estructuras tipo 'cage system' y algunos soportes específicos para nuestros componentes.

Con un osciloscopio deben caracterizar el pulso que provee el detector para luego establecer con un generador de funciones cual es la eficiencia de conteo de la placa de adquisición y como incide esto en el experimento (si es lineal o depende de la separación entre pulsos, por ejemplo). Pueden hacer una estadística de conteo con el osciloscopio y compararla con el de la placa. Pueden medir las cuentas de oscuridad. También pueden hacer estadística del tiempo de arribo de fotones consecutivos. Es útil en esta etapa que discutan la hoja de datos del detector y entiendan los conceptos como eficiencia cuántica, sensibilidad, etc.

Finalmente construyen la figura de difracción para distintos tiempos de adquisición y pueden ver como el ruido en la curva está determinado por el ruido de conteo, dominado por distintas estadísticas según los niveles de señal.

En síntesis recorren los distintos aspectos requeridos para el correcto diseño y ejecución de un experimento, aprendiendo a utilizar instrumental, leyendo las hojas de datos, caracterizando las componentes, adecuando el diseño experimental a lo buscado, procesando los datos y extrayendo las conclusiones. Pueden terminar proponiendo un mejor diseño en base a la experiencia recogida.

## **EF-10 Enseñando aspectos cuánticos desde el estudio de las ondas: delineando una propuesta para la escuela secundaria**

Barcelona Hipperdinger C<sup>1</sup>, Labaroní M S<sup>1</sup>, Fanaro M d I A<sup>2 1</sup>, Arlego M<sup>3 2 1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Investigador Independiente - CONICET*

<sup>3</sup> *Instituto de Física, Facultad de Cs. Exactas, Universidad Nacional de La Plata*

Esta propuesta tiene como objetivo presentar el esquema de una secuencia de situaciones formuladas para enseñar aspectos fundamentales de mecánica cuántica en la escuela secundaria, tópico prescripto para su enseñanza en los Documentos Curriculares de la Provincia de Buenos Aires. La estructura propuesta fue elaborada a partir del estudio de los aspectos físicos fundamentales de la mecánica cuántica y de un conjunto de criterios que se consideran fundamentales para el aprendizaje, considerando al estudiante como actor principal en la construcción del conocimiento. Así, la secuencia ofrece una forma innovadora de enseñar aspectos fundamentales como probabilidad cuántica, incerteza, modelo actual del átomo, con los modelos físicos y matemáticos acordes al nivel escolar. Primeramente se presenta y enfatiza el modelo ondulatorio que subyace a los experimentos accesibles a los estudiantes en la escuela (reales y virtuales), y luego se van construyendo analogías con experimentos y fenómenos cuánticos, para finalizar con el estudio del principio de incertidumbre y el modelo

cuántico para el átomo. La propuesta enfatiza los aspectos ondulatorios en contextos cotidianos clásicos, como punto de partida para construir (vía analogía) los modelos cuánticos. A diferencia del abordaje tradicional que pone en igualdad de condiciones los aspectos de onda y partícula (a través de la dualidad onda-partícula), nuestro enfoque enfatiza el aspecto ondulatorio y relega la partícula como un emergente. De este modo los estados ligados del átomo se asocian más a las ondas estacionarias en una cuerda que a un modelo planetario del átomo, o la partícula como paquete localizado de ondas. Abordando este punto de vista puramente ondulatorio otros aspectos como la incerteza emergen naturalmente como un aspecto asociado a ondas (y no intrínseco de la mecánica cuántica). Durante la formulación de la secuencia, se incorporaron o excluyeron diferentes cuestiones que podrán implicar ventajas o desventajas, entendiéndolas como decisiones didácticas, pero que se justifican para los objetivos de la secuencia. La secuencia de situaciones se planea implementar en breve, cursos de sexto año de la escuela secundaria de la ciudad de Tandil, para analizar su viabilidad en el aprendizaje de los estudiantes.

## **EF-11 Estudio de la conductividad térmica y calor específico de ladrillos de barro cocido mediante métodos experimentales y simulaciones**

Cherenscio C<sup>1</sup>, Manfredi M<sup>1</sup>, Gomba J M<sup>1 2 3</sup>, Stipich M<sup>1 4 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina*

<sup>3</sup> *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

<sup>4</sup> *Instituto de Física de Materiales de Tandil - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

El uso de simuladores en el laboratorio puede ser una herramienta de gran utilidad no solo para contrastar resultados experimentales con aquello que predicen nuestros modelos teóricos, sino también para definir previamente aquellos criterios bajo los cuales se realizarán las mediciones e identificar posteriormente posibles fuentes de incertidumbre y error no contempladas al comienzo del experimento. Además, la implementación de estas tecnologías abre la posibilidad a obtener más información que aquella asequible con los recursos disponibles en el laboratorio.

Para aprovechar estas ventajas e introducir al uso de herramientas de resolución numérica a los estudiantes, en la cátedra de Física Experimental IV se decidió realizar una práctica de laboratorio que incorpore las simulaciones como recurso didáctico, permitiendo a los alumnos explorar la experiencia de forma previa y posterior a los resultados. Utilizando el método de las placas calientes, se midió la conductividad

térmica de una serie de ladrillos de barro cocido con áreas transversales similares y diferentes espesores. A partir de los resultados experimentales obtenidos, se realizó un análisis en base a simulaciones numéricas con el objetivo de conocer el valor de la capacidad calorífica específica (también llamado calor específico) del material. Se observó tanto para la conductividad térmica como para el calor específico del ladrillo, una posible dependencia de dichos parámetros con el tamaño de la muestra. Al comparar esos resultados con las simulaciones vemos que tales variaciones pueden deberse a errores ignorados en el laboratorio como, por ejemplo, pérdidas de calor por las caras laterales.

## EF-12 Estudio de la transmisión de calor en una barra metálica

Salomone H D<sup>1</sup>, Olivieri N A<sup>1</sup>, Rodríguez E E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Industria - Universidad Nacional de General Sarmiento*

En este trabajo se estudia la propagación de calor a través de una barra metálica de sección circular. La barra tiene sus extremos en contacto con dos focos térmicos y se halla aislada salvo en una estrecha franja que hace posible la toma regular de imágenes mediante el uso de una cámara termográfica. Este dispositivo permite obtener un espectro cromático continuo que da cuenta de la temperatura de la barra punto a punto para cada una de las imágenes tomadas a intervalos de algunos segundos. De esta forma se consigue, de manera relativamente rápida, obtener una notable cantidad de información empírica útil para dar cuenta del transitorio de la conducción de calor en la barra estudiada. Luego se trabaja en la resolución de la ecuación unidimensional del calor mediante el método de las diferencias finitas y así se logra obtener una concordancia satisfactoria entre lo observado experimentalmente y el modelado teórico.

## EF-13 Estudio del movimiento de un péndulo cicloidal (y casi cicloidal)

Knoblauch P<sup>1</sup>, Saleta M<sup>1</sup>, <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>3</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.*

En el presente trabajo estudiaremos teórica y experimentalmente el movimiento de un péndulo cicloidal. Este sistema posee la característica de que su período es independiente de la amplitud inicial, si cumple las propiedades geométricas de una curva cicloide.

Un péndulo cicloidal se construye sujetando una masa a un hilo y forzándolo a oscilar dentro del intervalo que limita una cicloide invertida. A partir de esta configuración, se determina la longitud de isocronía realizando mediciones de la posición en función del tiempo para diferentes longitudes de hilo. El movimiento del péndulo se registró con un elemento cotidiano, como lo es la cámara de un teléfono celular, y las trayectorias fueron obtenidas utilizando el software libre Tracker [<https://physlets.org/tracker/>]. Presentaremos diferentes análisis de la trayectoria y velocidad de la masa que permitirán a los alumnos comprender los conceptos de péndulo cicloidal e interpretar con diferentes enfoques las curvas tautócrona y baquistócrona. Se discutirán los detalles del montaje experimental así como también la metodología experimental. Además, se complementará el análisis con resoluciones numéricas para otros casos de interés.

### EF-14 Estudio sobre Resonadores Helmholtz

Gómez B J<sup>1 2</sup>, Raviola L A<sup>1</sup>, Roatta A<sup>1 2</sup>, Repetto C E<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

<sup>2</sup> Instituto de Física Rosario, UNR-CONICET

En este trabajo se estudian las características acústicas de un sistema formado por resonadores Helmholtz. Inicialmente se caracterizan los resonadores por separado. Posteriormente, se investiga la posibilidad de acoplarlos en analogía a los osciladores masa-resorte. Las mediciones experimentales se comparan con los resultados de una aproximación analítica teórica considerando un sistema de parámetros concentrados.

### EF-15 Impacto de la pandemia en la enseñanza de la Física - estudio del caso del Curso de Nivelación para la FCBYF - UNR.

Carlucci R<sup>1 2</sup>, Londero C<sup>1 3</sup>, Alet A I<sup>1 4</sup>

<sup>1</sup> Area Física - Fac. de Cs. Bioquímicas y Farmaceutica - Universidad Nacional de Rosario

<sup>2</sup> IQUIR-CONICET, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Universidad Nacional de Rosario

<sup>3</sup> Grupo de Óptica y Fotónica - IFIR (CONICET - UNR)

<sup>4</sup> Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario (CIUNR)

La enseñanza de la Física en las ramas biológicas suele presentar ciertas dificultades, siendo una etapa de aprendizaje ardua para los estudiantes. Hace tres años que coordinamos el Curso de Nivelación que se dicta en la Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas de la Universidad Nacional de Rosario. Durante esta coordinación nos tocó el particular desafío de tener que adaptar los contenidos de forma de poder darlos completamente virtual debido a la pandemia COVID-19. Además, como actividad de rutina, veníamos evaluando el proceso de aprendizaje durante el cursado

de la etapa de nivelación y con una encuesta en el primer cuatrimestre de cursada formal de Física 1. Por ello decidimos comparar el proceso de aprendizaje en contexto pre-pandemia, pandemia y post-pandemia a fin de conocer si existieron diferencias en la capacidad de adquirir saberes de los alumnos, y si esa posible variación de la capacidad se encontraba o no relacionada con el dictado de los contenidos de manera virtual.

Para ello analizamos los balances de cada módulo de ingreso (2020, 2021 y 2022), los cuales consistieron en una comparación de las notas obtenidas en la actividad diagnóstica al principio y final del curso, de la cantidad de inscriptos y asistentes y del porcentaje de deserción. Además, se compararon los resultados obtenidos de una encuesta respecto del Curso de Nivelación realizada en el año 2019 (presencial) y 2021 (virtual) durante el cursado de Física 1 formal.

Al comparar los resultados de la actividad diagnóstica, en las tres modalidades se observó que al inicio del curso no se alcanzaban los contenidos mínimos para “aprobar”, siendo la nota mayoritaria en el rango 0 - 10%. Al finalizar el curso, si bien las notas fueron más dispares con un pequeño porcentaje de “aprobados”, aún la mayoría no alcanzaba los contenidos mínimos que se consideran necesarios para el inicio de la cursada de Física 1. Al analizar el nivel de deserción, éste alcanzó un 44,8% en el año 2021 (virtual) mientras que en los años 2020 (presencial) y 2022 (híbrido) fue del 15 y 19,5%, respectivamente. Al analizar los resultados de la encuesta, se pudo observar que el porcentaje de insuficientes en el primer parcial de Física 1 fue mayor para quienes cursaron el curso de nivelación de forma virtual respecto de quienes lo cursaron presencial. Por otra parte, fue mayor el porcentaje de quienes no asistieron al curso de nivelación virtual (2021) respecto del presencial (2019). Por otro lado, ambas poblaciones prefieren el dictado del curso en forma presencial o híbrida respecto a completamente virtual.

En base a lo analizado se puede concluir que el dictado de contenidos en forma virtual, si bien permitió mantener el contacto entre los estudiantes y la facultad, necesita ser compensado por una instancia presencial para afianzar los mismos. Además, el efecto “pandemia” se hizo evidente en el desempeño de los estudiantes en la instancia de evaluación, ya que el porcentaje de insuficientes fue mayor para quienes cursaron en forma virtual respecto de quienes lo hicieron en forma presencial.

RC y CL contribuyeron de igual forma

## **EF-16** Introducción del concepto de fuerza iónica a través de la medición del voltaje en una pila de concentración

Acevedo M<sup>1</sup>, Divi F<sup>1</sup>, Haberkorn N<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> CONICET

La idealidad en sistemas físico-químicos usualmente refiere a aquellos en los cuales la interacción entre componentes es despreciable. Cuando la interacción se vuelve relevante, los sistemas se denominan reales. Ejemplos de dichos comportamientos pueden observarse tanto en gases en función de la presión, como en soluciones electroquímicas modificando la concentración del soluto. Para estas últimas, la interacción entre el soluto y el solvente se cuantifica a través de la fuerza iónica y la introducción del concepto de coeficiente de actividad [1,2].

En este trabajo se presenta un análisis del comportamiento real en soluciones electroquímicas midiendo el voltaje entregado por una pila de concentración. Esta consiste en dos semipilas o celdas que contienen dos soluciones de distinta concentración conectadas por un puente salino. La diferencia de potencial entre las celdas depende de las concentraciones y la temperatura de acuerdo a la ecuación de Nerst, siendo esta una forma sencilla de analizar desviaciones de la idealidad y de estudiar el coeficiente de actividad.

El análisis se llevó a cabo para soluciones de  $\text{CuSO}_4$  y  $\text{CuCl}_2$  de diferentes concentraciones (0.007 M a 0.3 M). Los resultados fueron analizados de acuerdo al modelo de Debye-Hückel, el cual considera que los apartamientos de la idealidad se deben principalmente interacciones coulombianas inter-iónicas. Se discute el impacto de la concentración y el tipo de anión sobre el voltaje entregado por la pila.

[1] M.R Wright, An Introduction to Aqueous Electrolyte Solutions, Wiley (2007) pp. 380-384.

[2] P. W. Atkins, Fisicoquímica, 3rd ed (1978) pp. 270-311,.

## EF-17 La inercia de la luz. Verificación de la Segunda Ley de Newton por parte de un flujo de radiación confinado en una cavidad reflectante.

Saracho S<sup>1</sup>, Figuerola C M<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología - Universidad Nacional de Tucumán

<sup>2</sup> Dpto. Física, Fac. Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán

En 1904, el físico austríaco Fritz Hasenöhl examinó por medio de experimentos mentales la radiación de cuerpo negro en una cavidad reflectante. A través del cálculo del trabajo necesario para mantener la cavidad en movimiento a velocidad constante en oposición a la presión de radiación concluyó que un observador en movimiento relativo a la cavidad obtendría, para la energía de la radiación, un valor equivalente a  $E=3/8mc^2$ , relación que corrigió en 1905 a la expresión  $E=3/4mc^2$ . Esta relación establece una equivalencia entre la masa y la energía de la radiación y fue finalmente

corregida a la forma conocida actual  $E=mc^2$  por Einstein. La conclusión de estas deducciones es que la luz tiene masa e inercia. Basándonos en un experimento mental inspirado en el de Hasenöhr, en el que aceleramos una cavidad reflectante que contiene un flujo de radiación interno, llegamos a la conclusión de que, bajo ciertas condiciones de movimiento, la luz verifica la 2da Ley de la Inercia de Newton para el caso de masa constante ( $F=ma$ ).

## **EF-18 La relevancia de la construcción de dispositivos en las prácticas experimentales de física en nivel superior: otra mirada para la enseñanza de la ley de Hooke**

Salomone H D<sup>1</sup>, Cyrules E<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Industria - Universidad Nacional de General Sarmiento*

<sup>2</sup> *Instituto del Desarrollo Humano - Universidad Nacional de General Sarmiento*

Se presenta un trabajo experimental realizado en el marco de la investigación sobre el desarrollo de dispositivos para la formación docente en física en la Universidad Nacional de General Sarmiento. El dispositivo permite la determinación del coeficiente de elasticidad "K" de un resorte metálico cuando se modifica su temperatura. La variación del coeficiente tiene como consecuencia directa una variación de la energía interna. Se establece, a partir del modelo teórico, el modo de calcularla. Finalmente, se describe la construcción del dispositivo utilizado y se presentan los resultados obtenidos.

## **EF-19 Los smartphones como laboratorios portátiles. Una herramienta en física experimental y en educación.**

Monteiro M<sup>1</sup>, Stari C<sup>2</sup>, Martí A<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Universidad ORT Uruguay*

<sup>2</sup> *Facultad de Ingeniería - Universidad de la República*

<sup>3</sup> *Instituto de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay*

Los smartphones se han convertido en poderosas computadoras de bolsillo que además incorporan diversos sensores con el propósito de mejorar la experiencia del usuario. Con el conocimiento adecuado es posible explotar estas potencialidades y transformar al smartphone en un laboratorio de bolsillo, con el cual se pueden realizar una amplia gama de experimentos de física en el aula, en el laboratorio tradicional, así como también en innumerables actividades no convencionales en casa, en exteriores, o durante un viaje, habilitando al desarrollo de la creatividad científica, la indagación

y la autonomía de los estudiantes. En esta presentación ofreceremos una breve introducción a los sensores disponibles en los smartphones y mostraremos algunos métodos para acceder a ellos y registrar la información que proporcionan con fines científicos y educativos. Finalmente ilustraremos el alcance de esta herramienta ejemplificando con varios de los artículos que hemos publicado sobre experimentos de diversas áreas de la física, mecánica, electromagnetismo, oscilaciones, ondas, óptica y física moderna, aplicables en diferentes niveles educativos, desde secundaria hasta los primeros cursos universitarios. Referencias: <http://smarterphysics.blogspot.com/>

## EF-20 Medición de la aceleración de la gravedad por diferentes métodos en un laboratorio de grado

Bongiovanni M<sup>1</sup>, Decolatti M<sup>1</sup>, Gomez V<sup>1</sup>, Gonzalez D E<sup>1</sup>, Graemiger M A<sup>1</sup>, Morresi A P<sup>1</sup>, Passeggi Veaute V<sup>1</sup>, Rodriguez J<sup>1</sup>, Suárez L<sup>1</sup>, Tentor M C<sup>1</sup>, Zurschmitten J<sup>1</sup>, Calaza F<sup>1</sup>, Urteaga R<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral

<sup>2</sup> Instituto de Física del Litoral, CONICET-UNL

La medición de la aceleración de la gravedad en un curso de Física experimental permite poner a prueba de manera sencilla diferentes diseños experimentales mediante la comparación directa de la precisión de sus resultados. La multiplicidad de métodos que pueden utilizarse también permite analizar diferentes estrategias para mejorar la reproducibilidad y la precisión de la medición. En este trabajo se comparan experimentos basados en la caída libre de una esfera, la oscilación de un péndulo físico formado por un anillo, la oscilación de un sistema masa-resorte vertical y el uso de un péndulo de Kater. Se identificaron las limitaciones en la precisión que puede alcanzarse en cada caso y se analizan diferentes estrategias basadas en el diseño del experimento que permiten mejorarla. Los resultados indican que sistemas muy sencillos como el de caída libre o utilizando un anillo, pueden alcanzar precisiones del orden del 0.3-0.1 %, comparables a las obtenidas por sistemas más complejos como el péndulo de Kater. Los valores obtenidos utilizando los distintos métodos fueron: caída libre  $9,80 \pm 0,03 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$ , péndulo físico  $9,803 \pm 0,008 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$ , sistema masa resorte  $10,1 \pm 0,3 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$  y péndulo de Kater  $(9,789 \pm 0,008) \frac{m}{s^2}$ . Estos valores son en todos los casos compatibles con el valor de referencia para el lugar de medición:  $9,7944871 \pm 0,0000001 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$  [1].

[1] Instituto Geográfico Nacional. <https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/Geodesia/>

## EF-21 Método simple para la determinación experimental de la constante de Planck

Schivazappa F<sup>1 2</sup>, Meroi F<sup>1 2</sup>, Barolin S<sup>1 3</sup>, Michati F<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>2</sup> *Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, FCEIA-UNR*

<sup>3</sup> *Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR*

La constante de Planck es una constante física que desempeña un papel central en la teoría de la Mecánica Cuántica. Es por esto que obtener experimentalmente su valor contribuye notablemente a la formación de un estudiante de grado. En el presente trabajo presentamos los resultados obtenidos mediante el uso de una metodología simple y asequible: el estudio de la curva de descarga de un capacitor en un circuito RC con un LED conectado en serie. El valor obtenido fue de  $6,0 \pm 0,8 \times 10^{34} \text{J/s}$ . Este resultado es aceptable considerando que la metodología usada puede ser fácilmente implementada debido al uso de materiales de fácil acceso y baja complejidad de ejecución. Por esto, el método es ventajoso respecto a otros métodos más caros y complejos y constituye una herramienta de gran valor pedagógico.

## EF-22 Modelado y construcción de un levitron como sistema modelo en experimentos de magnetismo

Fernandez J<sup>1</sup>, Bonin C<sup>2</sup>, Urteaga R<sup>2</sup>, <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral*

<sup>2</sup> *Instituto de Física del Litoral (UNL-CONICET)*

<sup>3</sup> *Dpto. de Física, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral*

<sup>4</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral*

El levitron [1] es dispositivo presentado muchas veces como un adorno o juego que presenta una demostración atractiva e interesante de levitación usando imanes permanentes. Está formado por un pequeño imán que hace las veces de trompo magnético y una base formada por un imán permanente mas grande que repele al trompo ubicado sobre la misma. La levitación estable es posible debido a un acoplamiento único de las fuerzas y pares magnéticos con la acción giroscópica del trompo.

Un modelo simple de su operación, se basa en la fuerza ejercida sobre dipolos magnéticos y puede investigarse experimentalmente de manera relativamente sencilla [2]. Este modelo simple, combinado con mediciones del campo magnético a lo largo del eje y la determinación del dipolo magnético del trompo, permite una predicción bastante precisa de los límites superior e inferior del lugar de equilibrio estable. En este trabajo se presenta una metodología apropiada para el modelado y la construcción de un levitron, que permite introducir conceptos centrales de magnetismo como el campo magnético producido por imanes permanentes y la interacción dipolar magnética de una manera atractiva y desafiante.

[1] <https://es.wikipedia.org/wiki/Levitron>

[2] T. B. Jones et al. "Simple theory for the Levitron" J. Appl. Phys. 82 (2), 15 July 1997

## EF-23 Paradoja de los gemelos en un espacio tiempo curvo

Castellini H<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

Una de las paradojas mas difíciles de entender y la mas cuestionable por las explicaciones que da la relatividad especial es, el experimento mental propuesto por Einstein conocido como paradoja de los gemelos en su formulación habitual propuesta por Langevin. En este trabajo se propone corroborar la dilatación de la escala de tiempo en un espacio tiempo estacionario restringido a una esfera de 5 dimensiones. Es decir representa un espacio tiempo 1+3 inmerso en un espacio tiempo 1+4. Uno de los gemelos (alfa) permanece en reposo en el ecuador de esta esfera, mientras que el otro (beta) recorre el ecuador a velocidad constante. Ambos sincronizan sus relojes al inicio del experimento y luego cuando se vuelven a encontrar comparan el tiempo observando que alfa ha envejecido mas que beta. Si bien este espacio tiempo no es globalmente plano, si lo es en la carta local que involucre al ecuador. Y a pesar de no ser un espacio tiempo vacío, la dilatación de tiempo se verifica. Por otro lado se hace un estudio del flujo de geodésicas y haces de luz en dicho espacio tiempo.

## EF-24 Planificación diversificada en un curso de Física básica universitaria. Un aporte preliminar

Roston G B<sup>1</sup>, Arrese F G<sup>1</sup>, Chaswin Orradre M N<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de La Pampa*

Vivimos en un mundo cada vez más globalizado, digital e hiperconectado, que se caracteriza por el cambio continuo y acelerado. Desde la cátedra de Física VI, del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, nos hemos propuesto generar un espacio de aprendizaje para la formación integral del estudiantado, utilizando nuevas estrategias y desarrollando habilidades que conecten y aborden las demandas del futuro.

Teniendo en cuenta la diversidad de estudiantes presentes en el aula, sus características de aprendizaje, sus contextos particulares y su orientación (esta asignatura se dicta en forma conjunta para el Profesorado y la Licenciatura en Física), el equipo docente elaboró un abanico de actividades curriculares que incluyen: presentación de Seminarios, producción científica en diferentes formatos (video, podcast, pdf, entre otros),

actividades mediadas por computadora (simulaciones, elaboración de programas de física computacional, entre otros), actividades prácticas de laboratorio y presentación de posibles actividades que las y los estudiantes implementarían en su práctica docente, utilizando lo que se ha aprendido.

Para regularizar la asignatura, el estudiantado debe completar cinco actividades curriculares: los dos exámenes parciales y tres actividades opcionales. Cada estudiante elige estas actividades, tomando en consideración sus preferencias, fortalezas y debilidades.

Además, en la planificación diversificada, hemos incorporado la evaluación de aprendizaje, considerando al sujeto en sus circunstancias para no homogeneizar el proceso de evaluación? [1]. Es difícil dejar de ser quien corta el bacalao? [2] y dejar que el estudiantado tenga una participación activa en la elección de la actividad a investigar, el nivel de profundización y las herramientas didácticas a utilizar en la presentación de su tema pero al final la experiencia resultó muy gratificante y superó nuestras expectativas. El aula de clases se transformó en un espacio de participación, divulgación y debate acerca de los conocimientos científicos en general, y físicos en particular, tanto para las y los estudiantes como para las integrantes del equipo docente de la cátedra.

[1] Moreno, T., Frankenstein evaluador, *Revista de la Educación Superior*, 40 (2011).

[2] Santos Guerra, M., *Evaluar con el corazón. De los ríos de las teorías al mar de la práctica*. Rosario, Homo Sapiens, (2017).

## **EF-25 Prácticas experimentales adaptadas. Una propuesta educativa alternativa que nos permitió llevar el laboratorio a casa.**

Santo M<sup>1</sup>, Reviglio A L<sup>1</sup>, Sigal E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales - Universidad Nacional de Río Cuarto*

La enseñanza de las ciencias experimentales siempre ha estado vinculada al desarrollo de prácticas de laboratorio, las cuales ocupan un lugar preponderante en la formación de grado en las carreras con perfil académico-científico. El trabajo en el laboratorio de ciencias constituye un contenido medular para la construcción de conocimiento en estas áreas (Franco Moreno et al, 2017), y nos permite diseñar sistemas en los que podemos generar, refutar y analizar fenómenos para estudiar conceptos específicos y desarrollar competencias en la modelización y argumentación académica. (Aduriz Bravo, 2017). La actividad experimental es una acción planificada didácticamente con el propósito de generar condiciones apropiadas para propender al logro de aprendizajes de procedimientos, conceptos y actitudes. (Idoyaga, 2020). Sumado a

ello, el proceso de comunicar los resultados, obtenidos en los experimentos, contribuye a repensar lo realizado y diseñar la mejor forma de compartirlo.

El contexto de restricciones por Covid-19 dificultó la presencia de estudiantes y docentes en los laboratorios de ciencias, espacios que habitualmente se utilizan para desarrollar las actividades experimentales. Por tal motivo las actividades experimentales previstas en el cronograma original de las asignaturas debieron ser rediseñadas y adaptadas para que cada estudiante pudiera realizarlas en forma individual, en su lugar de residencia y con materiales accesibles y seguros.

En este trabajo se describen las acciones realizadas en este contexto, en cursos de física para la carrera Licenciatura en Química. Durante 2020 y 2021 se desarrollaron prácticas experimentales adaptadas, en un entorno diferente al habitual y mediante el desarrollo de experimentos simples, asistidos en algunos casos por el uso de aplicaciones en dispositivos electrónicos (celulares, tablet, notebooks). Las actividades se concretaron abordando contenidos diversos (cinemática, dinámica, fluidos, óptica) y tuvieron un importante impacto en el aprendizaje de procedimientos y conceptos. Es importante destacar que muchas de ellas fueron tan enriquecedoras que se continúan desarrollando actualmente, aun cuando se recuperó la presencialidad. Las prácticas experimentales se evaluaron con un informe final escrito individual y mediante un taller virtual donde se realizó la puesta en común de las actividades concretadas.

Las acciones realizadas permitieron fortalecer el aprendizaje de procedimientos, actitudes y conceptos y favorecieron el desarrollo de competencias básicas en la comunicación de la información en forma oral y escrita. Esto se concretó en un espacio académico colaborativo que contribuyó al logro de aprendizajes significativos en física, al desarrollo de la formación crítica de los estudiantes y generó un espacio de reflexión de la propia práctica.

Franco Moreno, R., Velasco Vásquez, M. A., y Riveros Toro, C. (2017). Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias: tendencias en revistas especializadas (2012-2016). *Tecné, Episteme y Didaxis*, (41), 37-56

Agustín Adúriz Bravo (2017). Pensar la enseñanza de la física en términos de competencias. *Revista de Enseñanza de la Física*. (29) Nro. 2, 21-31

Franco Moreno, R., Velasco Vásquez, M. A., y Riveros Toro, C. (2017). Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias: tendencias en revistas especializadas (2012-2016). *Tecné, Episteme y Didaxis*, (41), 37-56

Idoyaga, I. Vergas-Badilla, L., Moya, C.N., Montero-Miranda, E. y Garro-Mora, A.L (2020) El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo Universitario*. 1 (2), 4-26

## EF-26 Utilización de un Tablero de Galton para estudiar sus aspectos probabilísticos

Freire Parola G I<sup>1</sup>, Dominguez F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales - Universidad Nacional de San Luis

El Tablero de Galton o Máquina de Galton es un dispositivo inventado por Sir Francis Galton para intentar demostrar el Teorema del Límite Central, aunque nuestro objetivo en la reproducción de un símil de dicho tablero fue intentar observar la aproximación de la Distribución Binomial a la Distribución Normal para  $n$  lo suficientemente grandes. Mediante repetidas experiencias, donde se dejaban caer esferas por el tablero, se pudo registrar mediante foto-compuertas (ubicadas en la base del mismo) conectadas a un microcontrolador que sirvió de interfaz programable con una computadora para poder recolectar datos. Posteriormente se realizó un estudio estadístico de los datos (mediante tests como el  $X$  cuadrado y la prueba Kolmogorov-Smirnov) y se vieron resultados favorables ya que se aproximaban a una distribución normal.

## EF-27 VidAnalysis: un puente entre teoría, experimentos y física de la vida cotidiana

Lucero A P<sup>1</sup>, Dávila M<sup>1</sup>, Rodríguez M<sup>1</sup>, Benegas J<sup>2</sup>, Villegas M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional de San Luis e Instituto de Física Aplicada, CONICET

<sup>2</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional de San Luis Instituto de Matemática Aplicada San Luis

La utilización de elementos de alta tecnología digital en las aulas, especialmente de la escuela secundaria ha sido sistemáticamente recomendada por diversas instituciones educativas, nacionales e internacionales, tanto en lo que respecta a la enseñanza de la física (The National Science Teachers Association; NSTA, 1999) como de la matemática (National Council of Teachers of Mathematics; NCTM, 2000). Los celulares además, según expertos en educación y TIC son herramientas que permiten al estudiante realizar diferentes actividades relacionadas con el hacer ciencia, lo que facilita y otorga un rol activo al usuario, posibilitando unir la funcionalidad del dispositivo con la intencionalidad pedagógica de un aprendizaje activo. En este trabajo se describen experiencias de aula, en distintos niveles educativos, que utilizan la aplicación para teléfonos celulares VidAnalysis, destinada a realizar el análisis de videos de objetos en movimiento, con el objetivo de describir el comportamiento de sus variables cinemáticas.

El uso de esta aplicación ha permitido no solo mejorar la comprensión conceptual a través de los cambios de representación como uso de gráficas, esquemas y diagramas, sino que también ha permitido explicitar el uso de modelos matemáticos en la

descripción de los movimientos. De esta manera los estudiantes pueden reproducir, en pequeña escala y con fenómenos de la vida cotidiana, los procesos de modelado que los científicos realizan en el camino de comprender un fenómeno natural.

En el trabajo se describen las actividades propuestas, los logros de aprendizaje así como la opinión de los estudiantes.

Bibliografía National Council of Teachers of Mathematics. (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA. National Science Teachers Association. (1999). Position statement: The use of computers in science education. <http://www.nsta.org/positionstatementpsid=4>

## EF-28 **Visualización de modos de vibración y su aplicación en la enseñanza de la física**

Delorenzi T<sup>1</sup>, Diaz Torres F M<sup>1</sup>, Navarro Febre T<sup>1</sup>, Corral G M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de La Pampa*

La mecánica ondulatoria tiene un atractivo peculiar en cuanto a los fenómenos visualizables mediante sencillas experiencias que permiten explicar, por ejemplo, características de las ondas estacionarias al público en general. En este trabajo proponemos dos de estas demostraciones, aplicadas sobre dos geometrías y materiales distintos, con el objetivo de visualizar y explicar los modos de vibración para las que hemos utilizado materiales sencillos y dispositivos propios del ámbito de la enseñanza. En el primer experimento se perturba una placa metálica sobre la que se esparce material granular, lo cual permite observar los modos de vibración de la misma a determinadas frecuencias. Esto no es más que la recreación de aquella experiencia realizada por Ernst Chladni (1756-1827), de quien toma su nombre. Por otro lado, en la segunda experiencia se perturban anillos flexibles a distintas frecuencias hasta visualizar sus puntos estacionarios, con el objetivo de mostrar cómo De Broglie (1892-1987) justificó el modelo atómico de Bohr (1885-1962) y la existencia de niveles de energía cuantizados para el electrón.

## EF-29 **Visualización de modos de vibración y su aplicación en la enseñanza de la física.**

Delorenzi T<sup>1</sup>, Diaz Torres F M<sup>1</sup>, Navarro-Febre T<sup>1</sup>, Corral G M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de La Pampa*

La mecánica ondulatoria tiene un atractivo peculiar en cuanto a los fenómenos visualizables mediante sencillas experiencias que permiten explicar, por ejemplo, características de las ondas estacionarias al público en general. En este trabajo proponemos dos de estas demostraciones, aplicadas sobre dos geometrías y materiales distintos, con el objetivo de visualizar y explicar los modos de vibración para las que hemos

utilizado materiales sencillos y dispositivos propios del ámbito de la enseñanza. En el primer experimento se perturba una placa metálica sobre la que se esparce material granular, lo cual permite observar los modos de vibración de la misma a determinadas frecuencias. Esto no es más que la recreación de aquella experiencia realizada por Ernst Chladni (1756-1827), de quien toma su nombre. Por otro lado, en la segunda experiencia se perturban anillos flexibles a distintas frecuencias hasta visualizar sus puntos estacionarios, con el objetivo de mostrar cómo De Broglie (1892-1987) justificó el modelo atómico de Bohr (1885-1962) y la existencia de niveles de energía cuantizados para el electrón.

# FÍSICA ATÓMICA Y MOLECULAR

## Charlas

Miércoles 28 de septiembre

14:30-15:00

Guido Beck Aula 1

### ASTRA, un nuevo Close-Coupling para simple y doble ionización molecular

Randazzo J M<sup>1, 2</sup>, Marante C<sup>3</sup>, Gharibnejad H<sup>4</sup>, Schneider B<sup>4</sup>, Olsen J<sup>5</sup>, Argenti L<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>2</sup> Departamento de Interacción de Radiación con la Materia - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Department of Physics and CREOL, University of Central Florida, Orlando, USA

<sup>4</sup> National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899, USA

<sup>5</sup> Department of Chemistry, Aarhus University, Aarhus 8000, Denmark, EU

Los avances en la tecnología láser han llevado a la producción de pulsos de rayos X y ultravioleta extremo de attosegundos (10E-18seg) de duración con intensidades y tasas de repetición cada vez mayores [Duris J et al, Nat. Phot. 14, 30 (2020) , Saito N et al, Optica 6, 1542 (2019)]. Como resultado, experimentos del tipo "attosecond-pump" - "attosecond-probe" estadísticamente significativos para sistemas moleculares de relevancia química se encuentran ahora al alcance. Estas capacidades han abierto el camino al estudio detallado y con resolución temporal de la emisión de fotoelectrones de los orbitales del core, del acoplamiento vibrónico en la fotoemisión y de las cascadas Auger. Dado que estos experimentos implican la formación de fotofragmentos entrelazados, el esquema de Close -Coupling (CC) constituye una herramienta ideal para simularlos e interpretarlos. Actualmente existen códigos de ionización simple CC adecuados para moléculas pequeñas en interacción con pulsos XUV, como XCHEM [Klinker M et al., J. Phys. Chem. Lett. 9, 756 (2018)] y UKRmol+ [Masin Z et al., CPC 249, 107092 (2020)]. La necesidad de un marco teórico extensible a la ionización múltiple, que pueda representar tanto fotoelectrones lentos (?1 eV) como rápidos (?1 keV), y que escale favorablemente con el tamaño molecular y con el tamaño del espacio de configuraciones correspondientes a los estados de iones moleculares es aún necesario. En este trabajo presentamos ASTRA (AttoSecond TRANSitions),

un código que implementa un nuevo enfoque del esquema CC, basado en el uso de matrices de densidad de transición de alto orden (HOTdms) entre estados iónicos de Configuración Interacción a gran escala con simetría y multiplicidad arbitrarias. Los HOTdms, que no están disponibles en los códigos estándar de química cuántica, se calculan con una extensión del código LUCIA [Olsen J et al, J. Chem. Phys. 104, 8007 (1996)] y nos permiten evaluar elementos de matriz de operadores arbitrarios entre canales de CC con una velocidad notable. Actualmente, ASTRA contempla estados de ionización simple pero admite una extensión natural al canal de doble ionización, cuya implantación está en marcha. ASTRA también se basa en el uso de funciones híbridas (Gaussianas B-spline), cuyas integrales básicas se calculan numéricamente usando métodos de la literatura [Masin Z et al., CPC 249, 107092 (2020), Gharibnejad H et al, CPC 263, 107889 (2021)]. Ilustramos los resultados de ASTRA para un conjunto de observables de referencia, como la sección eficaz de fotoionización de N<sub>2</sub>, Boro, formaldehído, para los cuales existen resultados teóricos y experimentales, y un ejemplo para una molécula de gran tamaño, como la porfirina de magnesio.

**Contacto:** Juan Martín Randazzo, randazzo@cab.cnea.gov.ar **Código Identificador:** 9347

15:00-15:30

Guido Beck Aula 1

## El entrelazamiento cuántico entre pares de excitaciones de orbitales moleculares como origen de conductas del acoplamiento indirecto entre espines nucleares

Bajac D F E<sup>1, 2</sup>, Aucar G A<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (CONICET - Universidad Nacional del Nordeste)

Recientemente se propuso al entrelazamiento cuántico entre pares de excitaciones virtuales como el origen de la dependencia del acoplamiento indirecto entre espines nucleares  $J$  y el ángulo diedro entre pares de enlaces. [1] Resulta ser el fenómeno responsable de la ecuación de Karplus [1], una regla empírica que describe la variación de  $J$  entre dos núcleos como función del ángulo diedro.[2] Para calcular el entrelazamiento entre pares de orbitales moleculares (OM) se utiliza un operador densidad escrito en función de la inversa del propagador principal. Este es uno de los operadores constitutivos de la teoría de propagadores de polarización, el formalismo que permite tanto obtener resultados precisos como conocer la física que está detrás de la

respuesta molecular a perturbaciones externas. El propagador principal describe cómo se transmiten las excitaciones provocadas por dichas perturbaciones.

En este trabajo se presentan resultados de cálculos de acoplamientos utilizando OM localizados (OML), tanto ocupados como virtuales, mediante el método CLOPPA [3] a nivel de aproximación RPA, para los mecanismos dependientes (FC y SD) e independiente (PSO) del espín electrónico. Se eligieron los compuestos  $C_2H_4F_2$  y  $C_2H_2F_4$ , para estudiar los caminos de acoplamiento entre los núcleos de flúor e hidrógeno, respectivamente, así como el entrelazamiento entre las excitaciones que más contribuyen a los diferentes mecanismos. Ambos compuestos evidencian contribuciones PSO y SD no despreciables y no presentan simetrías en la geometría molecular al variar el ángulo diedro.

[1] C. Giribet y G. Aucar L. Millán. In: Phys. Chem. Chem. Phys. 20 (2018), pp. 24832-24842. [2] J.C. Giribet y G. Aucar L. Millán. In: J. Chem. Phys. 153 (2020), p. 221101. [3] G. A. Aucar, M. Ruiz de Azúa and C. G. Giribet, High Resolution NMR Spectroscopy: Understanding Molecules and their Electronic Structures, Elsevier, Amsterdam, 2013

**Contacto:** Daniel Fernando Esteban Bajac, danielbajac94@gmail.com **Código Identificador:** 8775

15:30-16:00

Guido Beck Aula 1

## Stopping power de metales pesados: lantánidos, post-lantánidos y más allá

Peralta J P<sup>1</sup>, Mendez A M P<sup>1</sup>, Montanari C C<sup>1</sup>, Mitnik D M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET-UBA

En este trabajo se presentan cálculos teóricos de pérdida de energía (stopping power) de protones en metales pesados ( $Z=57 - 83$ ). La motivación son las aplicaciones tecnológicas de dichos elementos, el desafío teórico de describir átomos neutros que incluyen la capa 4f, y recientes discrepancias experimentales con el statu-quo de datos previos [1] más el establecido código SRIM[2]. Se discute la importancia de los cálculos relativistas para los orbitales y las energías de enlace, no solo para las capas profundas sino también para las externas (5p-4f-5d-6s). El stopping power electrónico se describe mediante la combinación de tres formalismos: i) el SPCC [3], que es un formalismo binario no lineal para la pérdida de energía en el gas de electrones libres (FEG); ii) el formalismo dieléctrico de Mermin [4] para el stopping en el FEG (incluyendo las excitaciones de plasmones); iii) la aproximación de plasma local por capas con la función dieléctrica de Levin Mermin (SLPA-LM) [5] para la contribución

de electrones ligados. Se discute además la comparación con los conocidos resultados SRIM [2], DPASS [6] y CASP [7]. Consideramos que los resultados que presentamos nos aproximan al estado del arte en este tema, y por otro lado introduce dudas de algunos de los datos experimentales en la base de datos del IAEA [1] y empleados en el SRIM [2]

[1] Electronic Stopping Power of Matter for ions, IAEA database, <https://www-nds.iaea.org/stopping/> [2] SRIM-2013, <http://www.srim.org/>; J F Ziegler et al, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 268, 1818-1823 (2010). [3] C C Montanari, J E Miraglia, Phys. Rev. A 96, 012707 (2017). [4] N D Mermin, Phys. Rev. B 1, 2362 (1970). [5] J P Peralta, A M P Mendez, C C Montanari, Phys. Rev. A 105, 062814 (2022). [6] A Schinner, P Sigmund, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 460, 19-26 (2019); <https://www.sdu.dk/en/dpass> [7] G Schiwietz, P L Grande, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 273, 1-5 (2012); CasP version 6.0, <http://www.casp-program.org/> (2021).

**Contacto:** Claudia Montanari, [mclaudia@iafe.uba.ar](mailto:mclaudia@iafe.uba.ar) **Código Identificador:** 8651

**Jueves 29 de septiembre**

14:30-15:00

Guido Beck Aula 1

## Simulaciones de trazas iónicas en diversos materiales

Bringa E<sup>1</sup>, Prada A<sup>3</sup>, Valencia F<sup>3</sup>, Amigo N<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad de Mendoza

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Departamento de Computación e Industrias, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Católica del Maule, Talca 3480112, Chile

<sup>4</sup> Centro de Investigación DAiTA Lab, Facultad de Estudios Interdisciplinarios, Universidad Mayor, Chile

El bombardeo de materiales con iones pesados con energía de MeV puede llevar a la creación de trazas iónicas, que modifican la estructura del blanco. Los experimentos son complejos y en general solamente permiten interrogar el resultado a posteriori, mucho después de que los cambios hayan ocurrido en el material. Las simulaciones atomísticas, utilizando dinámica molecular clásica, permiten una ventana para observar el comportamiento del material irradiado en la escala de los nanómetros y picosegundos, que ha sido muy útil para ayudar a explicar resultados experimentales. En este trabajo, utilizamos la aproximación de "thermal spike cilíndrico", para emular la zona de gran temperatura que genera la excitación electrónica a lo largo de la traza iónica, y seguimos la evolución de la muestra hasta su enfriamiento y estabilización.

Discutimos tres materiales distintos: una aleación de alta entropía (High Entropy Alloy, HEA), una aleación de CuZr, y carbono amorfo. En nuestras simulaciones despreciamos el efecto de la conductividad electrónica del calor, debido a que es muy baja para carbono amorfo, y baja en la HEA donde el desorden químico limita significativamente la conductividad electrónica, facilitando posibles cambios estructurales debidos a las trazas. Como una primera aproximación, también despreciamos este efecto en la aleación de CuZr. En la HEA estudiada, FeCrCoNiCu, con fase fcc, debido a la irradiación encontramos principalmente defectos puntuales, y algunas dislocaciones aparecen únicamente para valores grandes de frenamiento eléctrico. No observamos precipitación de algún intermetálico o de fase hcp. En la aleación de CuZr, con fase B2, se observan trazas amorfas a partir de un frenamiento electrónico crítico de 15 keV/nm. Eso es consistente con la formación de vidrios metálicos (bulk metallic glass, BMG) para el sistema Cu-Zr. Sistemas con fase dual, cristalina-amorfa pueden presentar excelentes propiedades mecánicas, lo cual se va a estudiar en el futuro. En carbono amorfo (aC), se espera un comportamiento complejo de las muestras. Cerca del centro del track se espera "grafitización" de las muestras, mientras que en el reborde del track se espera "diamantización". Estos cambios químicos, observados en nuestras simulaciones, están asociados a cambios en la densidad del material, de manera similar a lo observado en experimentos y simulaciones de trazas iónicas en sílica. Analizamos en detalle lo que ocurre para muestras con una hibridación  $sp^3$  inicial entre 2% y 60%, variando el poder de frenamiento. Estos cambios en densidad permiten modificar las propiedades de conductividad térmica, reduciendo la ya limitada conductividad del carbono amorfo. Las simulaciones en estos materiales muestran que es posible generar nanoestructuras gracias a la irradiación, y las muestras resultantes pueden ofrecer propiedades mecánicas o de conductividad térmica modificadas para satisfacer necesidades tecnológicas.

**Contacto:** Eduardo Bringa, ebringa@yahoo.com **Codigo Identificador:** 8768

15:00-15:30

Guido Beck Aula 1

## Aprendizaje automático en Stopping Power: datos y modelos

Bivort Haiek F<sup>1</sup>, Mendez A M P<sup>2</sup>, Mitnik D M<sup>2</sup>, Montanari C C<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET-UBA

La pérdida de energía cinética por unidad de longitud de un ion cuando atraviesa la materia se cuantifica mediante el poder de frenado o *stopping power*. Según la

naturaleza de su interacción con el blanco, el stopping puede ser nuclear o electrónico. Actualmente, la base de datos de mediciones experimentales de stopping power electrónico más completa pertenece a la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) [1]. Este repositorio es abierto y se actualiza continuamente [2], poniendo a disposición de la comunidad científica casi un siglo de mediciones [4]. En el presente trabajo estudiamos estos datos utilizando métodos del campo del aprendizaje automático o *machine learning*.

Los miles y miles de datos en la compilación de la IAEA han sido medidos a lo largo de nueve décadas, por múltiples autores/laboratorios, y utilizando diversas técnicas experimentales. Naturalmente, la data presenta significativas dispersiones en ciertos rangos de energía. La limpieza de estos datos es una parte esencial del aprendizaje automático; sin embargo, la depuración manual de estos valores es inviable. Por ello, implementamos un método de aprendizaje automático basado en una técnica de agrupamiento no supervisado (DBSCAN). Este método identifica valores atípicos y determina qué datos conservar en caso de superposición, teniendo en cuenta el año de producción.

El conjunto de datos resultante se utiliza para entrenar una red neuronal profunda. El modelo reproduce con precisión los valores de entrenamiento y de sistemas colisionales desconocidos para la red neuronal (conjunto de prueba). Finalmente, se presentará el código ESPNN (Electronic Stopping Power with Neural Network) [4], mostrando su utilización y algunos resultados.

[1] Poder de frenado electrónico de la materia para iones, <https://www-nds.iaea.org/stopping/> [2] C. C. Montanari, P. Dimitriou, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B 408, 50 (2017). [3] H. Paul, AIP Conf. Proc. 1525, 295 (2013). [4] A. Mendez, F. Bivort Haiek, D. Mitnik, C. Montanari, <https://github.com/ale-mendez/ESPNN>

**Contacto:** Alejandra Mendez, [alemdz.7@gmail.com](mailto:alemdz.7@gmail.com) **Código Identificador:** 8879

15:30-16:00

Guido Beck Aula 1

## Asamblea de la División de Física Atómica y Molecular, AFA

Responsable: Montanari C C

## Sesiones de Posters

- Martes 27/9: FA-1 a FA-15.
- Miércoles 28/9: FA-16 a FA-29.

### FA-1 Acoplamiento magnetoeléctrico en oligómeros de azulenos fusionados

Valentim A<sup>1 2</sup>, Garcia D J<sup>3 4</sup>, Plascak J A<sup>1 2 5</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Caixa Postal 702, 30123-970 Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil*

<sup>2</sup> *Universidade Federal da Paraíba, Caixa Postal 5008, 58051-900 João Pessoa, Paraíba, Brazil*

<sup>3</sup> *CONICET*

<sup>4</sup> *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CAB, Instituto Balseiro, CNEA, Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>5</sup> *University of Georgia, Department of Physics and Astronomy, Athens, Georgia 30602, USA*

Usando el modelo de Hubbard encontramos el diagrama de fases magnético para oligómeros de azulenos fusionados. Usamos la técnica de renormalización de la matriz densidad para caracterizar el estado fundamental de estas moléculas como función de la correlación electrónica y su tamaño. Dependiendo del número de monómeros el estado fundamental puede ser un singlete ( $S=0$ ) o presentar un estado magnético ( $S=1$  o  $2$ ). Cerca de la transición de fase cuántica el momento dipolar eléctrico, siempre presente en estas moléculas, se acopla con el momento magnético y da origen a una susceptibilidad magnetoeléctrica divergente. Estas polarizaciones espontáneas magnéticas y eléctricas, junto a su acoplamiento, corroboran que estas moléculas pueden ser vistas como materiales multiferroicos puramente orgánicos.

[1] Valentim et al, Magnetolectric coupling on fused azulene oligomers, PHYSICAL REVIEW B 105, 174426 (2022).

### FA-2 Almacenamiento de H<sub>2</sub> en nanobotellas de grafeno

Crespo E A<sup>1 2</sup>, Gonzalez J M<sup>1</sup>, Orozco M A<sup>3 1</sup>, Canzonieri S H<sup>3 1</sup>, Riveaud L E<sup>3</sup>, Bringa E M<sup>4 5</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Neuquén*

<sup>2</sup> *Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Comahue*

<sup>3</sup> *Instituto de Investigaciones en Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería. IITCI CONICET*

UNCo

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad de Mendoza

<sup>5</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo

Las nanobotellas de grafeno tienen propiedades inusuales que son valiosas para la nanotecnología. En futuras aplicaciones podría empleárselas para almacenar  $H_2$  a altas presiones a escala nanométrica. La interacción del grafeno y en particular de las nanobotellas hechas de este material con moléculas de  $H_2$  puede abordarse por medio de simulaciones atomísticas que permiten obtener resultados comparables con datos experimentales, pero además brindar información no asequible por vía experimental. En particular la dinámica molecular (molecular dynamics, MD) es muy útil debido que permite que átomos y moléculas interactúen por un período de tiempo, permitiendo un análisis detallado de la termodinámica del sistema. En este trabajo, empleamos MD con el código libre LAMMPS, con potenciales AIREBO, para estudiar el comportamiento de una nanobotella con  $H_2$  en su interior. Se estudia la estabilidad y comportamiento del sistema para varias densidades de  $H_2$  y temperaturas. Se calculan distribuciones de energías cinéticas atómicas, velocidades cuadráticas medias de las moléculas de  $H_2$ , y términos del virial de la presión, para obtener la temperatura y presión del gas, comparando con una ecuación de estado analítica. De acuerdo a nuestros resultados es posible almacenar grandes cantidades de H dentro de una nanobotella construida con grafeno sin generar adsorción química, lo cual dificultaría la extracción del hidrogeno.

### **FA-3 Análisis AIM/NBO de las constantes de acoplamiento geminales $J(C3,C1)$ , $J(O,C1)$ y $J(O,O)$ en proantocianidina dimérica tipo A. Dependencia angular.**

Lobayan R M<sup>1</sup>, Provasi P F<sup>1</sup>, Bentz E N<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - Universidad Nacional del Nordeste

Se investiga la dependencia angular de las constantes de acoplamiento de espín indirecto geminales  $J(C3,C1')$ ,  $J(O,C1')$  y  $J(O,O)$  (designación de átomos según nomenclatura IUPAC) en la proantocianidina dimérica de tipo A de interés por su actividad antioxidante y cuyo espacio conformacional, conformeros de mayor peso estadístico, distribución electrónica y reactividad han sido estudiados por algunos de nosotros (1-4) utilizando la teoría funcional de la densidad. Se estudia ahora la rotación del anillo B alrededor del enlace  $C2-C1'$  realizando un estudio topológico basado en la teoría de Bader, AIM (átomos en moléculas) (5) y de las transferencias de carga hiperconju-

gativas y las polarizaciones de enlace que se obtienen de la aplicación de la teoría de Orbitales Naturales de Enlace (NBO) (6). Se revela así la dependencia angular de los parámetros AIM/NBO. Los resultados describen una relación entre los acoplamientos geminales que sufren cambios con la variación angular y las transferencias de carga NBO a los enlaces involucrados en las vías de acoplamiento que pueden explicar el comportamiento de la primera propiedad. También se cuantifican los efectos inductivos, hiperconjugativos y de interacción dipolo-dipolo mostrando una clara correlación de ellos con la estabilización de la estructura y la utilidad del análisis de estas constantes de acoplamiento geminales en la detección e identificación de los conformeros.

#### Referencias

- [1] E. N. Bentz, A. B. Pomilio, R. M. Lobayan *Computational and Theoretical Chemistry*. 1110 (2017)14.
- [2] E. N. Bentz, A. B. Pomilio, R. M. Lobayan, *J. Mol. Model.* 22 (2016) 187.
- [3] Bentz, A. B. Pomilio, R. M. Lobayan, *J Mol Model.* 20 (2014) 2522.
- [4] N. Bentz, R. M. Lobayan, J. H. Jubert, A. B. Pomilio, *J. Mol. Model.* 16 (2010) 1895.
- [5] P. Macchi, A. Sironi, en *The Quantum Theory of Atoms in Molecules, From Solid State to DNA and Drug Design* (Eds.: C.F.Matta, R. J. Boyd), Wiley-VCH, Weinheim, (2007).
- [6] F. W. E. Glendening, A. Reed, J. Carpenter, NBO 3.1. Program as implemented in the Gaussian 03 package. (2003).

E-mail: rlobayan@unne.edu.ar (R.M.L.); patricio@unne.edu.ar (P.F.P.); erikabentz2013@gmail.com (E.N.B.)

## FA-4 **Análisis interdisciplinario de objetos arqueológicos del Museo de la Patagonia implementando técnicas de caracterización de materiales**

Schweickardt J M<sup>1 2</sup>, Pérez P D<sup>2</sup>, Morán M<sup>1 2</sup>, Cantargi F<sup>1</sup>, Bianchi Vilelli M<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio Argentino de Haces de Neutrones - CNEA*

<sup>2</sup> *CONICET*

<sup>3</sup> *Instituto de Investigaciones en Diversidad Cultural y Procesos de Cambio (IIDyPCa) - Universidad Nacional de Río Negro*

Presentamos en este trabajo la implementación de técnicas analíticas no destructivas para el estudio y caracterización de materias primas y productos de degradación en objetos arqueológicos pertenecientes a la colección Gai del Museo de la Patagonia (PNNH-APN).

Esta colección, lleva el nombre del funcionario de Parques Nacionales responsable

de su descubrimiento, quien llevó a cabo una campaña de exploración en el norte de la Provincia de Neuquén en 1943. Este hallazgo resulta en un significativo ajuar funerario indígena de Patagonia, atribuido a períodos post- contacto hispánico, probablemente posterior al siglo XVII. Este conjunto de objetos fue compilado en ausencia de estrategias metodológicas y estándares científicos asociados a su recolección y guarda, dejando en el presente escasos registros en torno a las piezas mismas, su origen y estrategias utilizadas para su excavación. A su vez, su estado de conservación actual advirtió la necesidad de abordar estudios en torno a su conservación. Como consecuencia de esta condición, se aborda el Plan de Conservación y Restauración de la Colección Andrés Gai sobre una selección de objetos que se compone de ornamentos corporales metálicos, de manufactura indígena, elaborados en aleaciones tanto a base de cobre como de plata. En el marco de este plan interdisciplinario, se implementaron diversas técnicas analíticas disponibles en el Centro Atómico Bariloche sobre una selección de pendientes metálicos pertenecientes a la mencionada colección. Entre las técnicas implementadas se encuentran PIXE (Proton Induced X-ray Emission), XRD (X-ray Diffraction) y SEM-EDS (Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectroscopy). A partir de estos estudios, fue posible aproximar respuestas a interrogantes arqueológicos respecto a su origen -local, europeo-, cronología, procesos de manufactura, tipos de uso y procesos de degradación y avanzar así en el diagnóstico del estado de conservación. Presentamos los resultados obtenidos a través de un caso de estudio sobre un pendiente de aleación base cobre. La interpretación interdisciplinaria de estos resultados posibilitó, por un lado, especificar que su composición corresponde a la del Latón, lo que también permitió atribuir un contexto temporal específico. Por otro lado, fueron detectados productos de degradación específicos. Esta información es de gran aporte para establecer los futuros tratamientos idóneos para su conservación, mientras que permitió construir datos historiográficos, perdidos hasta el momento.

## **FA-5** Aplicación de un modelo de osciladores al estudio de la interacción de partículas cargadas con materiales bidimensionales

Gervasoni J<sup>1 2 3</sup>, Seguí S<sup>3 4</sup>, Arista N<sup>1 2</sup>, Miskovic Z<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> CONICET

<sup>4</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola

<sup>5</sup> University of Waterloo, Canada

En este trabajo presentamos un modelo para calcular la pérdida de energía de partículas relativistas interactuando con una monocapa de material bidimensional. Des-

cribimos dicho material como un arreglo plano de osciladores armónicos, con modos de vibración electrónica de frecuencias características  $\omega_i$ . Consideramos osciladores isotrópicos y anisotrópicos, de acuerdo a las propiedades del material estudiado [1]. La partícula incidente viaja a lo largo de una trayectoria rectilínea paralela o perpendicular a la capa y transfiere energía a los osciladores a través de su campo electromagnético. De esta manera, obtenemos expresiones analíticas útiles para la pérdida de energía en función de los parámetros relevantes del proceso, como la velocidad de la partícula incidente y la densidad electrónica del material.

Aplicamos este modelo al caso del grafeno [2], utilizando el enfoque anisotrópico ya que sus electrones (osciladores) están localizados en el plano de la monocapa. Consideramos dos regímenes de frecuencias de osciladores: el rango óptico, y el rango de frecuencias de THz [3]. En ambos regímenes, obtenemos el poder de frenado y la pérdida de energía total del proceso de interacción. Observamos que el modelo de osciladores está en muy buen acuerdo con el conocido modelo dieléctrico en un amplio rango de velocidades y parámetros de impacto [4].

Vale destacar que este versátil modelo puede aplicarse al estudio de otros materiales bidimensionales como el fosforeno, con sus propiedades distintivas.

[1] S Segui, JL Gervasoni, NR Arista y ZL Mišković, Nucl. Inst. Meth. B 490 (2021) 18

[2] S Segui, JL Gervasoni, ZL Mišković y NR Arista, J. Appl. Phys. 130 (2021) 114302

[3] ZL Mišković, S Segui, JL Gervasoni y NR Arista, Phys. Rev. B 94 (2016) 125414

[4] ZL Mišković, K Akbari, S Segui, JL Gervasoni y NR Arista, Nucl. Inst. Meth. B 422 (2018) 18

## FA-6 Captura electrónica interatómica por interacciones de Coulomb en un modelo atómico 1D para la colisión $e^- - NeHe^+$ .

Pont F<sup>1</sup>, Pelaéz Ruiz D<sup>3</sup>, Molle A<sup>4</sup>, Bande A<sup>5</sup>, Sisourat N<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC

<sup>2</sup> Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba

<sup>3</sup> Université Paris-Saclay, CNRS, Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay, France

<sup>4</sup> Katholieke Universiteit Leuven, Belgium

<sup>5</sup> Helmholtz Zentrum Berlin für Materialien und Energie

<sup>6</sup> Université Pierre et Marie Curie, París, Francia

El objetivo es determinar la probabilidad de captura y emisión electrónica por interacción Coulombiana (ICEC) en una colisión electrónica con el ión  $NeHe^+$ . Primeramente se construyó un modelo unidimensional para el ión, con el cual luego se computó la dinámica cuántica de la colisión con el electrón. Los modelos unidimensionales para simular los electrones ligados a los átomos de Neón y Helio, se construyeron

incluyendo un electrón activo y un potencial efectivo para el núcleo y los restantes electrones. Los parámetros del potencial fueron ajustados teniendo en cuenta propiedades físicas de los estados a simular (radio covalente de los átomos) y la primera energía de ionización del Neon y el Helio. Luego se calcularon las energías del ión  $NeHe^+$  como función de la distancia entre núcleos  $R$  (aproximación de núcleos fijos). Con estas energías determinaron curvas de energía potencial (PEC's) para analizar la posición de equilibrio de los núcleos  $R_{eq}$ , en el estado fundamental y primer excitado del mismo, mostrando buen acuerdo con resultados previos. La energía del estado fundamental del ión  $NeHe^+$  se computó utilizando un modelo que incluye al electrón y la distancia  $R$  como variables dinámicas (2D). En este modelo se nota que la densidad electrónica está notablemente más ligada al Helio. Estos estados son los utilizados como estados iniciales en el proceso de colisión con el electrón incidente. El análisis de la densidad electrónica, en regiones alejadas del centro de colisión y la absorbida en los bordes de la grilla de simulación se utilizaron para determinar la probabilidad de ICEC y analizar otros procesos posibles. Se determinó que ICEC es factible y el estado final tiene una densidad electrónica que tiene localización tanto en el Helio como en el Neón, indicando la captura del electrón incidente por el Neón. El proceso además transfiere suficiente energía a los núcleos como para disociarlo. Al momento, el estado final del compuesto luego de la disociación se asemeja al estado de la PEC que tiene la energía asintótica de un átomo de Neón y un  $He^+$  libre, sin embargo el largo finito de la grilla no permite determinar esto completamente.

## FA-7 Efectos decoherentes de fonones en colisiones rasantes átomo-superficie

Frísco L<sup>1</sup>, Gravielle M S<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET- UBA, Buenos Aires, Argentina*

La difracción de átomos rápidos por incidencia rasante sobre superficies cristalinas (GIFAD, por sus siglas en inglés) [1] es un método excepcionalmente sensible para el análisis de superficies, que se puede aplicar no solo a temperatura ambiente sino también a temperaturas elevadas. Si bien desde un principio se sospechó que las vibraciones cristalinas deterioraban la coherencia cuántica, la mayoría de las descripciones teóricas de GIFAD consideran un cristal ideal y estático [2], mientras que la decoherencia introducida por las vibraciones de la red fue escasamente estudiada, y solo recientemente ha recibido renovada atención [3].

Para describir el efecto de las vibraciones cristalinas (fonones) sobre los patrones de GIFAD, hemos desarrollado la aproximación Phonon-Surface Initial Value Representation (P-SIVR) [4], en la que incluimos la contribución de las excitaciones de fonones a través de un modelo de cristal armónico cuántico, mientras que el proceso de colisión es descrito por medio del método SIVR. Aplicando la aproximación P-SIVR al

sistema He-LiF(001), bajo una condición de incidencia fija, logramos una descripción detallada de la variación de los patrones de interferencia en función de la temperatura del cristal [5]. En este trabajo ampliamos nuestra investigación para dar cuenta de como varían los efectos decoherentes debidos a fonones en función de la energía perpendicular del proyectil. En particular, mostraremos como un mayor acercamiento del proyectil a la superficie es responsable de la disminución en la visibilidad de las estructuras de interferencia, pero no así del ensanchamiento polar del espectro, que depende fundamentalmente de la temperatura, siendo ambos resultados coincidentes con los resultados experimentales disponibles [3].

[1] Schüller A et al., Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 016103; Rousseau P et al., Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 016104

[2] Díaz C et al., Phys. Chem. Chem. Phys. 24 (2022) 15628

[3] Pan P et al., Phys. Rev. B 104 (2021) 165415; Debiossac et al., Phys. Chem. Chem. Phys. 23 (2021) 7615; Pan P et al., Phys. Chem. Chem. Phys. 24 (2022) 12319

[4] Frisco L et al., Phys. Rev. A. 100 (2019) 062703

[5] Frisco L et al., Phys. Rev. A 102 (2020) 062821

## **FA-8 Efectos de la estructura electrónica de proyectiles iónicos excitados o en estado fundamental sobre la emisión electrónica de blancos atómicos**

Esponda N J<sup>1</sup>, Quinto M A<sup>1</sup>, Rivarola R D<sup>1 2</sup>, Monti J M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Colisiones Atómicas, Instituto de Física Rosario (CONICET-UNR)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

En las colisiones entre iones y átomos, reacciones como la excitación y la ionización pueden evidenciar una fuerte influencia de la estructura electrónica del proyectil. En el estudio de la ionización simple se ha determinado tanto un efecto de apantallamiento, como así también de anti-apantallamiento, por parte del resto de los electrones presentes en la colisión [1]. Mientras que el primero supone una disminución de la sección eficaz doble diferencial (DDCS) respecto a la colisión con el proyectil sin electrones ligados, el segundo, en cambio, indica un incremento de la DDCS. Respectivamente, las causas radican en la interacción entre el electrón activo y el núcleo del proyectil o bien en una interacción del electrón activo con los electrones del proyectil [1].

En un trabajo reciente [2], hemos presentado una corrección al modelo de onda distorsionada del continuo con estado inicial eikonal (CDW-EIS) considerando una carga dinámica efectiva para la distorsión del proyectil en el canal de salida. Mediante el factor de forma del proyectil, la carga dinámica puede considerar distintos grados

de apantallamiento de la carga nuclear  $Z_P$  de acuerdo al momento transferido en la colisión.

En el presente trabajo aplicamos dicho modelo en el cálculo de DDCS de ionización simple en sistemas de colisión entre blancos atómicos y proyectiles iónicos en estado fundamental o excitado [3]. El análisis de las DDCS de ionización del blanco en conjunto con el factor de forma y el potencial [4] de distintas configuraciones electrónicas de un dado proyectil, permite inferir mecanismos de apantallamiento y anti-apantallamiento presentes en la colisión.

[1] R. D. DuBois y S. T. Manson *Nuclear Instrumental Methods in Physics Research* B 86 (1994) 161

[2] N. J. Esponda, M. A. Quinto, R. D. Rivarola y J. M. Monti *Phys. Rev. A* 105 (2022) 032817

[3] N. V. Novikov *Int. J. of Math. and Comp. Science* Vol.1 No.2 (2015) pp. 55-58

[4] L. Gulyás *et al. Phys. Rev. A* 93 (2016) 032704

## FA-9 El problema de tres cuerpos en una dimensión y potenciales de rango cero en coordenadas polares

Randazzo J M<sup>1 2</sup>, Gómez L<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>2</sup> Departamento de Interacción de Radiación con la Materia - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Instituto de Física del Sur - Universidad Nacional del Sur

En este trabajo se estudiará el problema de tres cuerpos con potenciales de rango cero (tipo deltas de Dirac) en una dimensión. Aún cuando dicho sistema ha sido analizado en detalle incluso para un número arbitrario de partículas, sólo se han encontrado soluciones analíticas para algunos casos particulares como el de magnitud infinita del potencial, masas e interacciones iguales o condiciones de borde periódicas en un dominio finito, entre otras [McGuire J B, *J. Math. Phys.* 5, 622 (1964); Lieb E H y Liniger W, *Phys. Rev.* 130, 1605 (1963); Samaj L y Bajnok Z, "Introduction to the Statistical Physics of Integrable Many- body Systems" Cambridge University Press (2013)]. En esta propuesta se tratará el caso de extensión infinita en la dimensión de movimiento, de modo de simular el comportamiento asintótico de un problema de ionización atómica (colisión ión u electrón-átomo). El planteo en coordenadas polares transforma el problema de imposición de condiciones de contorno regidas por el potencial (entre las distintas soluciones de la ecuación de Helmholtz) en un sistema de relaciones de recurrencia para los coeficientes, con solución analítica. Tomando

el conjunto completo de autofunciones se propone construir un estado de scattering estacionario y estudiar la relación entre las secciones eficaces de break-up cuánticas con las obtenidas clásicamente a partir del campo de velocidades de Bohm (cuántico), el comportamiento de los estados en la transición al régimen elástico como función de la energía, la existencia de estados ligados, etc. Estas funciones dependen de dos variables, lo que permite entender los complejos mecanismos de un problema de tres cuerpos mediante inspección de un gráfica.

## **FA-10 Estudio de la versatilidad estructural de cadenas de polipiridina sintetizadas en superficies metálicas.**

Candia A<sup>1, 2</sup>, Vilas-Varela M<sup>3</sup>, Peña D<sup>3</sup>, Ruano G<sup>4</sup>, Lobo-Checa J<sup>5, 6</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Santa Fe - IFIS - CONICET

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón. Laboratorio de Microscopías Avanzadas. Edificio I+D. Campus Rio Ebro. C/Mariano Esquillor, s/n. 50018 Zaragoza.

<sup>3</sup> Centro Singular de Investigación en Química Biolóxica e Materiais Moleculares (CiQUS) y Departamento de Química Orgánica, Universidade de Santiago de Compostela, Spain.

<sup>4</sup> División Colisiones Atómicas, Centro Atómico Bariloche (CNEA) y CONICET, Bariloche, Argentina

<sup>5</sup> Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA), CSIC-Universidad de Zaragoza, E-50009 Zaragoza, España.

<sup>6</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada, Universidad de Zaragoza, E-50009 Zaragoza, España.

Las tecnologías ecológicas y energéticamente eficientes exigen diseñar materiales a medida con nuevas propiedades físicas y rendimiento óptimo. La construcción de abajo hacia arriba de arquitecturas orgánicas unidas covalentemente con arreglos bien definidos es clave para la física y la química de superficies. Por ello, en el desarrollo de electrónica molecular y nanodispositivos con propiedades deseables, la síntesis en superficie (OSS) es uno de los campos de investigación más sobresalientes en la última década. [1] Las nanoestructuras moleculares covalentes (CMN), entre ellos los polímeros conjugados en forma de cadenas, se usan ampliamente en la industria porque muestran propiedades electrónicas, magnéticas, ópticas o químicas ajustables para aplicaciones en comunicaciones, procesamiento de datos y almacenamiento de energía. [1,2] La modificación de sus vías conductoras, de conjugación lineal a cruzada, mediante transiciones precisas de sustituciones para- a meta- ligando o dopaje intrínseco introduciendo átomos de N o B en la estructura, permite controlar estas propiedades electrónicas. La fabricación de nanoestructuras moleculares covalentes (CMN) con arreglos bien definidos es factible hoy en día en condiciones secas por medio de síntesis en superficie (OSS). [3,4] Uno de los esquemas de reacción más

utilizados para generar estos CMN se basa en el acoplamiento de Ullmann, donde la deshalogenación de precursores adecuados permite crear sitios reactivos dentro de las moléculas, que inician la reacción de polimerización. [5] Esta estrategia exitosa ha permitido la fabricación de nanoestructuras a medida, por ejemplo, nanocintas de grafeno artificial, anillo de grafeno, poliacenos, etc. [1,3] En este trabajo estudiamos los ensamblajes en función de la temperatura de dos derivados de 4,4'-dibromometaterfenilo (DMTP) depositados sobre Ag(111). La sustitución selectiva por átomos de N da como resultado polipiridinas retorcidas a través del acoplamiento de tipo Ullman. Presentamos su caracterización morfológica y electrónica mediante microscopía de túnel de barrido (STM) y espectroscopía de túnel de barrido (STS) en condiciones de ultra alto vacío (UHV) a una temperatura de 4 K.

BIBLIOGRAFÍA [1] Piquero-Zulaica, I., et al., ACS Nano, 12, 10537-10544, (2018). [2] Basagni, A., et al., ACS Nano, 10, 2644-2651, (2016). [3] Tao, W., Junfa Z., Surface Science Reports, 74, 97-140 (2019). [4] Sylvain, C., G. de Oteyza, D., Chem. Rev., 119, 4717-4776 (2019). [5] Fan, Q., et al., Angew. Chem., Int. Ed., 52, 4668-4672, (2013).

## FA-11 Estudios de separación isotópica inducida por láser en expansiones libres pulsadas de $UF_6$

Zarco M<sup>1</sup>, Knoblauch P<sup>1</sup>, Ríos I<sup>1</sup>, Cortizo E<sup>1</sup>, Encina S<sup>1</sup>, Fainstein P<sup>1</sup>, Fuhr J<sup>1</sup>, González J<sup>1</sup>, Kaul E<sup>1</sup>, Lamagna A<sup>1</sup>, Niro F<sup>1</sup>, Perlo L<sup>1</sup>, Schönhals P<sup>1</sup>, Fiol J<sup>1</sup>, Fregenal D<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Subgerencia de Aplicaciones de la Tecnología Láser - Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica

La técnica de separación isotópica de moléculas inducida por láser conocida como MLIS, se basa en la excitación selectiva de un haz molecular enfriado en una expansión adiabática a través de una tobera. El enfriamiento de las moléculas reduce el ancho de las líneas del espectro de absorción optimizando la selectividad, pero al mismo tiempo induce la formación de agregados o clusters. La separación entre las diferentes componentes isotópicas se puede realizar mediante la excitación selectiva de un estado vibracional de la molécula, lo que produce la represión de la formación de agregados, o mediante la excitación disociativa de los agregados asociados con un isótopo particular.

En este trabajo se presentan resultados experimentales de la técnica de MLIS a partir de la excitación selectiva de moléculas de  $UF_6$ . En estos estudios el haz molecular ultrafrío, producto de la expansión libre de una mezcla diluida de  $UF_6$  en Ar, es irradiado con un láser Raman de parahidrógeno para excitar el modo  $\nu_3$  de vibración de la molécula. Los productos finales de la irradiación son seleccionados mediante un *skimmer* y analizados por espectrometría de masa por tiempo de vuelo.

Se realizaron diversas mediciones con el fin de analizar la dependencia de la selecti-

vidad observada con los parámetros relevantes del sistema, tales como: la condición inicial de la mezcla gaseosa (presión, temperatura, concentración), la configuración de la irradiación láser (posición de irradiación e instante de la misma) y la evolución de los productos irradiados. En particular se estudió el efecto de la dispersión de la población irradiada sobre la selectividad observada. Se presentarán valores de selectividad estimados a partir de los datos obtenidos y se discutirá la aplicación de esta técnica para el enriquecimiento isotópico de uranio.

## FA-12 Estudio sistemático de la pérdida de energía de protones en lantánidos

Peralta J P<sup>1</sup>, Mendez A M P<sup>1</sup>, Montanari C C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET- UBA, Buenos Aires, Argentina

El conocimiento de la pérdida energía por ionización del medio es importante en muchos campos, desde la física básica hasta la tecnología y la medicina [1]. En este trabajo nos enfocamos en los lantánidos debido a su complejidad electrónica (subcapa 4f abierta, necesidad de descripción relativista [2]), la importancia de los óxidos de tierras raras [3] y las discrepancias entre grupos de datos experimentales. Estudiamos la pérdida de energía de protones en blancos sólidos desde La ( $Z=57$ ) hasta Lu ( $Z=71$ ). Se desarrollaron cálculos de estructura atómica totalmente relativistas para las funciones de onda atómica y las energías de enlace. Nuestros resultados cubren una región de energía extendida al considerar por separado el gas de electrones libres (FEG) y los electrones enlazados como en [4]. Utilizamos la aproximación de plasma local SLPA [4] para las contribuciones de los electrones ligados de los distintos blancos (1s-4f). Para Gd, nuestros resultados completamente teóricos describen muy bien los últimos datos experimentales en torno al máximo de stopping power [5]. Para otros como La, Dy, Lu, Tb notamos desacuerdos muy marcados con los datos antiguos [6]. Mostraremos que el estudio sistemático de todos los lantánidos plantea algunas dudas sobre datos existentes y sobre las predicciones del código semi-empírico SRIM [7], que es el más utilizado en la actualidad.

[1] H Paul, A Schinner, At. Data Nucl. Data Tables 85 (2003) 377. [2] A M P Mendez et al, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 460 (2019) 114-118. [3] E Kennedy et al, arXiv:2101.06794v1 (2021). [4] C C Montanari et al, Phys. Rev. A 96 (2017) 012707. [5] D Roth et al, Phys. Rev. Lett. 118 (2017) 103401. [6] Th Krist, P Mertens, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. 218 (1983) 790 794. [7] SRIM-2013, <http://www.srim.org/>

## FA-13 Estudio sobre el mecanismo de desorción térmica de monocapas auto-ensambladas de L-cisteína sobre superficies monocristalinas de Au(001) y

## Au(111).

Cristina L J<sup>1,2</sup>, Ruano G<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física del Litoral - Guemes 3450, Santa Fe

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral

<sup>3</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

En la actualidad, la utilización de sistemas en la nanoescala para propósitos tecnológicos es una constante. Múltiples aplicaciones, que van desde la electrónica hasta el diseño de materiales novedosos, hacen uso de nanopartículas (NP) metálicas. Por ejemplo, se estudian aplicaciones en nanomedicina en las cuales se diseñan NP que pueden manifestar diferente comportamiento al ser reconocidas por las células del órgano objetivo, y a partir de dicha interacción, ser empleadas para ejercer una acción terapéutica determinada. Por esta razón, se investigan sistemas modelos que comprenden nanopartículas de oro. A causa de la naturaleza cristalina de la superficie de dichas NPs, está formada por parches pequeños de planos Au(001) y Au(111) que a su vez poseen diferente reactividad química. En el pasado, hemos estudiado la adsorción de moléculas sobre estas caras cristalinas del Au [1-2] poniendo especial atención en la fisicoquímica de la formación de monocapas autoensambladas (SAMs) de moléculas, y también, en su estabilidad térmica [3]. Este último punto es de particular relevancia, por ejemplo, para su aplicación en terapias hipertérmicas. Con vistas a aportar a este campo del conocimiento, en este trabajo se estudia la formación de SAMs de moléculas de L-cisteína sobre superficies no reconstruidas de monocristales de Au(001) y Au(111) y su estabilidad térmica, dilucidando el papel que juegan las diferentes caras cristalográficas del oro en los mecanismos de adsorción y desorción molecular. La naturaleza química de este aminoácido y las interacciones intermoleculares (van der Waals e hidrofóbicas) durante el proceso de auto-organización, su potencial polimerización u otras formas de agregado intermolecular, y estabilidad térmica en las superficies de oro, fueron los principales tópicos investigados. Para ello, las moléculas de L-Cys se adsorbieron por inmersión de los sustratos (dipping) en soluciones metanólicas 25 mM durante 10 minutos a temperatura ambiente (RT) y en ausencia de luz. La composición química de las SAMs y el cubrimiento superficial de saturación, se examinaron usando espectroscopia de fotoemisión de rayos X (XPS), identificando los grupos funcionales implicados en la formación de la capa bidimensional. De la misma forma, se investigó in situ mediante XPS la desorción térmica de las SAMs en ambas superficies de oro a distintas temperaturas de recocido (80, 100°C). La caracterización de las películas moleculares se realizó teniendo especial cuidado en minimizar el daño inducido por los rayos X ocasionado por la radiación de la propia medición. La exposición de las SAMs a estas temperaturas, da como resultado una serie de procesos complejos que pueden involucrar la interconversión de especies que persisten fisisorbidas en la interface SAM-sustrato, la pérdida del orden

orientacional y conformacional, la deshidrogenación parcial, la formación de una red de enlaces cruzados entre los componentes de las SAM, la desorción de fragmentos de la película y moléculas individuales, la descomposición de moléculas por ruptura de enlaces covalentes de sus grupos funcionales, y el daño de la interface entre la cabeza del grupo y el sustrato. El análisis detallado de las asignaciones de las componentes de los espectros de XPS de las señales de N1s, S2p, Au4f, O1s y C1s, permite sugerir los posibles mecanismos de desorción molecular que explicarían con éxito los resultados experimentales. Los datos revelan que, en cada superficie de Au, además de originar la pérdida de materia orgánica el recocido térmico conduce a diferentes especies de azufre, nitrógeno, oxígeno y carbono (dependiendo de la temperatura), lo cual implicaría distintos mecanismos de reacción.

Referencias:

- [1] D. Grumelli, L. J. Cristina, F. Lobo Maza, P. Carro, J. Ferrón, K. Kern and R. C. Salvarezza. *J. Phys. Chem. C*. 119, 14248-14254 (2015).
- [2] N. Arisnabarreta, G. Ruano, M. Lingenfelder, E. M. Patrino and F. P. Cometto. *Langmuir* 33, 48, 13733-13739 (2017).
- [3] L. J. Cristina, G. Ruano, R. C. Salvarezza and J. Ferrón. *J. Phys. Chem. C*, 121, 27894-27904 (2017).

## **FA-14** Extensión del método de determinación variacional directa de la matriz de densidad reducida de segundo orden en espacios de interacción de configuraciones doblemente ocupadas al estudio de sistemas de capa abierta

Ríos E<sup>1</sup>, Oña O B<sup>1</sup>, Lain L<sup>2</sup>, Torre A<sup>2</sup>, Alcoba D R<sup>3</sup> <sup>4</sup>, Massaccesi G E<sup>5</sup> <sup>6</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas, Universidad Nacional de La Plata, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Diag. 113 y 64 (S/N), Sucursal 4, CC 16, 1900 La Plata, Argentina.*

<sup>2</sup> *Departamento de Química Física, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco. Apdo. 644, E-48080 Bilbao, España.*

<sup>3</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.*

<sup>4</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.*

<sup>5</sup> *Departamento de Ciencias Exactas, Ciclo Básico Común, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.*

<sup>6</sup> *Instituto de Investigaciones Matemáticas "Luis A. Santaló"(IMAS), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.*

Recientemente hemos propuesto la determinación variacional directa de la matriz de densidad reducida de segundo orden (2-RDM) dentro del marco teórico de interacción de configuraciones doblemente ocupadas (DOCI) [1]. Se trata de un método alternativo a la utilización explícita de la función de onda, que permite describir correctamente el estado fundamental de sistemas de capa cerrada que posean correlación estática. En este trabajo proponemos una extensión de este enfoque que posibilita el estudio de sistemas  $N$ -electrónicos de capa abierta en estados dobletes y tripletes. La técnica aquí considerada [2-4] adiciona al sistema bajo estudio uno o más átomos de hidrógeno en el límite infinito, formando un super-sistema en estado singlete. Este tratamiento permite aprovechar las ventajas del método DOCI, que proporciona estructuras de la 2-RDM más sencillas, a un coste computacional reducido. Los buenos resultados obtenidos muestran la utilidad de esta propuesta.

#### Referencias

- [1] D.R. Alcoba, A. Torre, L. Lain, G.E. Massaccesi, O.B. Oña, and E. Ríos, *J. Chem. Phys.* **150**, 164106 (2019).
- [2] J.R. Hammond and D.A. Mazziotti, *Phys. Rev. A* **73**, 012509 (2006).
- [3] O.B. Oña, A. Torre, L. Lain, D.R. Alcoba, E. Ríos, and G.E. Massaccesi, *J. Chem. Phys.* **153**, 084101 (2020).
- [4] E. Ríos, D.R. Alcoba, L. Lain, A. Torre, O.B. Oña, and G.E. Massaccesi, *J. Chem. Phys.* **157**, 014102 (2022).

## FA-15 FOTOIONIZACIÓN DE He ASISTIDA POR CAMPOS NO HOMOGÉNEOS

Della Picca R<sup>1</sup>, López S<sup>3</sup>, Ciappina M<sup>4</sup>, Randazzo J M<sup>2</sup>, Arbó D<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>3</sup> *Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET- UBA, Buenos Aires, Argentina*

<sup>4</sup> *Physics Program, Guangdong Technion - Israel Institute of Technology*

La fotoionización asistida por láser (LAPE, por sus siglas en inglés) ocurre cuando un campo ultravioleta extremo (XUV) y un infrarrojo (IR) se superponen en el tiempo y en el espacio donde se encuentra el átomo. Dependiendo de la duración del XUV se pueden distinguir distintos regímenes de ionización: (i) "sideband", cuando la duración del XUV es de varios ciclos del IR. En este caso la absorción simultánea de un fotón XUV y el intercambio de varios fotones IR se manifiesta con "bandas", o picos en el espectro electrónico cada vez que se satisface la regla de conservación de energía. Por otra lado, (ii) en el régimen de "streaking", el XUV es mucho más corto que la longitud de onda del láser por lo que el electrón se comporta como una partícula

clásica y al instante de la ionización toma momento lineal del campo IR. Además, (iii) el caso de un tren de pulsos XUV en presencia de un IR permite el intercambio, ya no necesariamente de un número entero de fotones IR, sino de un número fraccionario de ellos. Estas características de los espectros de emisión en función de los perfiles TEMPORALES de los campos ya han sido estudiadas ampliamente y comprendidas a través de expresiones analíticas (deducibles por la periodicidad del láser IR) que dependen de los parámetros temporales de los campos en cada uno de los regímenes, y de cierta cantidad "kernel", con información del átomo y de arreglos geométricos del sistema que es idéntica para los tres regímenes [1].

Si bien la dependencia con el perfil temporal ha sido analizada con profundidad, aún resta comprender cómo afecta el perfil ESPACIAL del campo en la emisión electrónica. Por esta razón, en el presente trabajo consideramos el campo IR láser NO homogéneo espacialmente y estudiamos la distribución de momentos resuelta en ángulo y energía para la fotoionización de He(1s). Para ello utilizaremos la aproximación de campo fuerte (SFA) NO dipolar, donde incorporamos la función de onda Volkov No dipolar, que describe al electrón emitido en presencia de un campo láser no homogéneo espacialmente [2].

[1] R Della Picca et al, Phys. Rev. A 102 (2020) 043106

[2] CJ Joachain et al, Atoms in Intense Laser Fields, Cambridge University Press, 2012

## FA-16 Ionización de moléculas de agua líquida por impacto de electrones.

de Sanctis M L<sup>1, 2</sup>, Vuillemier R<sup>3</sup>, Politis M<sup>4</sup>, Fojón O<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Rosario

<sup>2</sup> Laboratorio de Colisiones Atómicas, Instituto de Física Rosario (CONICET-UNR)

<sup>3</sup> Ecole Normale Supérieure, Dépt. de Chimie, UMR 8640 CNRS-ENS-UPMC, rue Lhomond 24, 75005 Paris, France

<sup>4</sup> Laboratoire Analyse et Modélisation pour la Biologie et l'Environnement, CNRS UMR 8587, Université d'Évry Val d'Essone, Boulevard François Mitterrand, 91025 Évry, France

Calculamos secciones eficaces para la ionización de moléculas de agua en estado líquido por impacto de electrones. El agua en estado líquido es el mayor componente de la materia biológica por lo que el estudio de esta fase es crucial para determinar daños que puedan ser causados en los tejidos por vivos por efectos de las radiaciones ionizantes. Está demostrado que los electrones eyectados a baja energía, productos de esta reacción, pueden ocasionar grandes daños a nivel celular. Los cálculos se llevaron a cabo usando el modelo de primer orden empleado anteriormente en cálculos multidiferenciales. Se considera una geometría coplanar y condiciones cinemáticas asimétricas para la cual en el canal final se tienen un electrón eyectado lento y otro

electrón dispersado rápido. Las funciones de onda para los orbitales moleculares del estado condensado se describen a través de un formalismo realizado por Vuilleumier y colaboradores basado en orbitales de Wannier. Comparamos con los datos experimentales de secciones eficaces triples diferenciales para la fase gaseosa medidos para una energía de incidencia de 81eV y las energías de eyección de 5eV y 10eV. También confrontamos nuestros resultados con cálculos teóricos de diferentes modelos. Nuestras secciones reproducen las principales características físicas observadas en los experimentos. Usando los mismos factores de normalización que los datos teóricos encontramos que nuestro modelo para el agua líquida es mayor que los modelos teóricos para gas que mejor reproducen los experimentos. Teniendo en cuenta la energía de incidencia esto está en coincidencia con nuestros resultados para secciones eficaces dobles y simples diferenciales presentados en trabajos previos.

## FA-17 Ionización de uracilo en colisiones con iones de $C^{6+}$ con energías de impacto del orden de MeV/u.

Cariatore N D<sup>1</sup>, Bachi N<sup>1</sup>, Otranto S<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física del Sur (IFISUR), Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur (UNS), CONICET, Av. L. N. Alem 1253, B8000CPB - Bahía Blanca, Argentina.*

En este trabajo se presentan cálculos de secciones eficaces totales y diferenciales de ionización de uracilo ( $C_4H_4N_2O_2$ ) en estado gaseoso por impacto de iones de  $C^{6+}$  [1]. Para ello se llevó a cabo una extensión del método de trayectorias clásicas Monte Carlo recientemente incorporada en el contexto de colisiones de ion- $H_2O$  [2]. Un total de 21 electrones no interactuantes entre sí fueron incorporados en la dinámica del blanco con el objetivo de determinar de manera directa la contribución relativa de los canales de ionización simple y múltiple en secciones eficaces de distinto orden de diferenciabilidad. La metodología propuesta modela de manera dinámica la estructura electrónica del blanco a medida que los electrones son removidos al continuo. Los resultados se contrastan con datos experimentales y teóricos disponibles en la bibliografía en un rango de energías de MeV/u [3]. Se observa un buen acuerdo con los datos experimentales reportados a nivel de sección eficaz total, simple diferencial en energía, simple diferencial en ángulo y dobles diferenciales. Además, se determinan explícitamente las contribuciones de los procesos de ionización simples y múltiples a la emisión electrónica y se analizan su dominancia parcial a diferentes ángulos de emisión y/o rangos energéticos.

[1] N. D. Cariatore, N. Bachi, and S. Otranto, Phys. Rev. A 106, 012808 (2022).

[2] N. Bachi, S. Otranto, G. S. Otero, and R. E. Olson, Phys. Med. Biol. 64, 205020 (2019).

[3] A. N. Agnihotri et al Phys. Rev. A 87, 032716 (2013).

## FA-18 Laboratorio virtual para el estudio de la coherencia cuántica

Barrachina R O<sup>1</sup>, Ciappina M<sup>2</sup>, Navarrete F<sup>3</sup>, Guarda T A<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Guangdong Technion-Israel, Shantou, China

<sup>3</sup> Instituto de física, Universidad de Rostock, 18051 Rostock, Alemania

<sup>4</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

Desde los cursos básicos hasta las aplicaciones más avanzadas de la teoría cuántica, es común estudiar solo estados puros y, por lo tanto, completamente coherentes. Pero esta limitación falla cuando es necesario considerar el efecto de las incertidumbres clásicas en estados mixtos. Esta relativa falta de práctica ha permeado un debate reciente sobre la posibilidad de cambiar las condiciones de coherencia en los experimentos de colisión atómica [1]. En esta comunicación presentaremos desarrollos teóricos recientes y su aplicación a la descripción de resultados experimentales actuales [2-6]. Discutiremos las similitudes y diferencias con la teoría de van Cittert-Zernike en Óptica [3], y los efectos producidos por las incertidumbres clásicas en el momento (p. ej., enfoque angular) y el espacio (p. ej., colimación) [4]. También presentaremos un modelo completamente analítico [5] que, a diferencia de las técnicas habituales basadas en la resolución numérica de la ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo, permite un análisis instantáneo de las condiciones de coherencia cuántica de un haz de partículas. En base a estos resultados desarrollamos una herramienta web que resulta útil tanto para cursos de física cuántica como para grupos de investigación que necesiten probar el grado de coherencia de configuraciones experimentales específicas.

[1] R. O. Barrachina, F. Navarrete, M. F. Ciappina, and Schulz, Michael. "Coherence and contextuality in scattering experiments". *Ion-Atom Collisions: The Few-Body Problem in Dynamic Systems*, edited by Michael Schulz, Berlin, Boston: De Gruyter, (2019), pp. 61-80.

[2] F. Navarrete, R. O. Barrachina and M. Ciappina, *Atoms* 7, 31 (2019) 7010031

[3] R. O. Barrachina, F. Navarrete y M. Ciappina, *Atoms* 9, 5 (2021) 9010005

[4] I. Fabre, F. Navarrete, L. Sarkadi y R. O. Barrachina, *Eur. J. Phys.* 39 (2018) 015401

[5] R. O. Barrachina, F. Navarrete y M. Ciappina, *Eur. J. Phys.* 40 (2019) 065402

[6] R. O. Barrachina, F. Navarrete y M. Ciappina, *Phys. Rev. Research* 2 (2020) 043353

## FA-19 Materiales bidimensionales: crecimiento epi-

## taxial de antimonio sobre Ag(111)

Allouche A R<sup>1 2 3</sup>, Zablotsky A N<sup>4</sup>, Khemliche H<sup>1 2 3</sup>, Grizzi O<sup>5 4</sup>, Cantero E D<sup>5 4</sup>, Sánchez E A<sup>5 4</sup>

<sup>1</sup> *Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay (CNRS-Université Paris-Sud), France*

<sup>2</sup> *Université Paris-Saclay*

<sup>3</sup> *CNRS - Centre National de la Recherche Scientifique*

<sup>4</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>5</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología - Nodo Bariloche (CNEA-CONICET), Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500, 8400 S.C. de Bariloche, Argentina*

El desarrollo de materiales bidimensionales es un tema de altísimo interés actual debido no sólo a sus sorprendentes propiedades electrónicas sino también a sus potenciales aplicaciones en campos tan variados como optoelectrónica, almacenamiento de energía y medicina, entre otros [1]. Uno de estos materiales es el antimoneno, cuyas características estructurales resultan similares al grafeno, pero está formado con átomos de antimonio ordenados en distintas fases estructurales [2]. Dicha diferencia le proporciona cualidades únicas como alto band-gap, gran acoplamiento spin-órbita y propiedades topológicas, además de una alta estabilidad ante contaminaciones. La obtención de láminas de antimoneno, tanto de una sola capa como multicapas es un suceso experimental muy reciente [1-3], y desde entonces se han propuesto diferentes métodos de fabricación: exfoliación mecánica, exfoliación en fase líquida y crecimiento epitaxial [4]. El interés en el sistema Sb-Ag(111) radica en la publicación de resultados de tres grupos de investigación [5-7] que reportan haber producido antimoneno por crecimiento epitaxial sobre Ag(111). Dichos estudios proponen estructuras diferentes para la interfase antimoneno-Ag(111), dejando abierto el interrogante sobre el rol de los átomos del sustrato en este sistema y la caracterización experimental de la estructura electrónica de los materiales hallados. En este trabajo se crecieron y caracterizaron láminas ultradelgadas de antimonio sobre un sustrato de Ag(111) mantenido a diferentes temperaturas, en función de la exposición, desde fracciones de monocapas hasta varias monocapas de Sb. Se analizó tanto su ordenamiento estructural/cristalográfico como también su estructura electrónica. Para ello se utilizaron diversas técnicas propias de la física de superficies tales como difracción de electrones lentos (LEED), espectroscopía Auger (AES), espectrometría de masa por tiempo de vuelo (TOF-DRS) y espectroscopía de fotoelectrones con luz ultravioleta (UPS). Se observaron dos fases con estructura cristalinas tipo  $(r3xr3)R30^\circ$  y  $(2r3x2r3)R30^\circ$ . La primera fase tiene características de una aleación sustitucional formada por 2 átomos de Sb y uno de Ag. La segunda se forma para una cobertura cercana a la monocapa de Sb. Ambas fases pueden ser crecidas para temperaturas inferiores a los 160°C. Para temperaturas mayores se favorece la estructura  $(r3xr3)R30^\circ$ ; y para temperaturas mayores de 500°C se produce la desorción completa del antimonio. Las estructuras

de bandas medidas con UPS resuelto en ángulos resultaron diferentes para cada fase.

[1] Review on 2D Arsene and Antimonene: Emerging Materials for Energy, Electronic and Biological Applications, S. Sumanth Dongre, et al. *Adv. Mater Interfaces* (2022) 2200442.

[2] Arsene and Antimone, Chapter 7 in “Xenes: 2D synthetic materials beyond graphene” Edited by A. Molle and C. Grazianetti, Woodhead Publishing, USA.

[3] Mechanical Isolation of Highly Stable Antimonene under Ambient Conditions, P. Ares, et al. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 7 (2016) 11490-11496.

[4] Recent Progress on Antimonene: A New Bidimensional Material, P. Ares et al. *Advanced Materials* 30 (2017) 1703771.

[5] Epitaxial growth of flat antimonene monolayer: a new honeycomb analogue of graphene, Y. Shao et al., *Nano Lett.* 18 (2018) 2133-2139.

[6] Epitaxial growth of highly strained antimonene on Ag(111), Y.H. Mao et al., *Frontiers of Physics* 13 (2018) 138106.

[7] Realization of a Buckled Antimonene Monolayer on Ag(111) via Surface Engineering, S. Sun et al., *J. Phys. Chem. Lett.* 11 (2020) 8976.

## FA-20 Mediciones del inicio de clusterización de SF<sub>6</sub> en una tobera de Laval supersónica con flujo constante.

Schönhals P<sup>1 2</sup>, Maceira P<sup>1 2</sup>, Pachao N<sup>3</sup>, De La Haye B<sup>1</sup>, Etchepareborda D<sup>3</sup>, Biasetti D<sup>1</sup>, Cortizo E<sup>1 2</sup>, Encina S<sup>1 2</sup>, Fainstein P<sup>1 4</sup>, Fiol J<sup>1 2 4</sup>, Fregenal D<sup>1 4</sup>, Frigerio Parenza P<sup>1 2</sup>, González J<sup>1 2 4</sup>, Knoblauch P<sup>1 2</sup>, Lamagna A<sup>1 4</sup>, Niro F<sup>1</sup>, Perlo L<sup>1 2</sup>, Ramos J<sup>1</sup>, Zarco M<sup>1</sup>, Kaul E<sup>1 2 4</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> INVAP S.E. Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado

<sup>4</sup> CONICET

El inicio de la clusterización homogénea de SF<sub>6</sub> en Ar fue estudiado experimentalmente mediante una tobera de Laval supersónica en un flujo constante. La tobera empleada tiene unos 4 mm<sup>2</sup> de área de garganta y sus paredes laterales están compuestas por ventanas de KBr, lo que permite la medición del punto de inicio de clusterización mediante la técnica de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). El sistema de recirculación de gases en el que fue montada permite el control de la presión de entrada y la composición. Mediciones de la presión estática dentro de la tobera, junto con las ecuaciones de flujo isoentrópico permiten determinar los valores de presión y temperatura del punto de inicio de clusterización ( $P_c$  y  $T_c$ ). De esta forma se obtiene una curva experimental de inicio de clusterización

homogénea ( $P$  vs  $T$ ) para el  $SF_6$  en Ar y se la compara con las obtenidas por Fisher *et.al.* [1], Wu *et.al.* [2] y Okada *et.al.* [3]. Nuestras mediciones indican que todos los clusters observados son homogéneos (sólo formados por moléculas de  $SF_6$ ) en las condiciones experimentales empleadas.

[1]  $SF_6$  condensation in supersonic nozzle expansions. Sam S. Fisher, Phys. Fluids 22, 1261 (1979).

[2] Condensation of sulfur hexafluoride in steady supersonic nozzle flow. Benjamin J. C. Wu, Peter P. Wegener, and Gilbert D. Stein, J. Chem. Phys. 68, 308 (1978).

[3] Onset of  $SF_6$  clustering in steady supersonic Laval nozzle flow. Y. Okada, K. Ashimine, K. Takeuchi, App. Phys. B 70 pp. 117-121, (2000).

## FA-21 MGAC (Modified Genetic Algorithm for Crystals): Predicción de estructuras de cristales moleculares a nivel DFT empleando los recursos computacionales de la Open Science Grid (OSG)

Varela K N<sup>1</sup>, Pagola G I<sup>1</sup>, Ferraro M B<sup>1</sup>, Lund A M<sup>2</sup>, Orendt A M<sup>3</sup>, Facelli J C<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. Física, FCEyN (UBA) - IFIBA - CONICET

<sup>2</sup> Department of Biomedical Informatics, University of Utah, Salt Lake City, US

<sup>3</sup> Center for High Performance Computing, University of Utah, Salt Lake City, US

El MGAC es un código en constante actualización que, a través del uso de algoritmos genéticos, predice estructuras de cristales de interés farmacológico. Aquí se presenta una nueva versión de dicho código, en la que las optimizaciones locales de las estructuras cristalinas candidatas se efectúa a nivel Density Functional Theory (DFT) empleando el software Quantum Espresso (QE) [1]; estas optimizaciones implican un alto costo computacional por lo que desde un servidor principal del MGAC se distribuyen de manera asincrónica en la Open Science Grid (OSG) [2]. Las estructuras candidatas son clasificadas de acuerdo su energía, aquellas con menor energía son incorporadas a la lista de mejores cristales (padres), que paralelamente recombinan elementos de su genoma para formar nuevas posibles estructuras (hijas). Estas nuevas estructuras hijas son distribuidas periódicamente en la OSG. Para un uso eficiente de los recursos de la OSG, implementamos un self-checkpoint con la finalidad de hacer cortes programados a los cálculos de QE generando una salida provisional para posteriormente poder reiniciar el cálculo sin perder las horas previas de cómputo y también para evitar el colapso de los nodos permitiendo que el sistema de colas de la OSG reubique la estructura en otro nodo disponible. Además, se incluye un algoritmo que, comparando pares de estructuras a través de sus distancias y ángulos entre átomos, detecta y descarta posibles estructuras duplicadas producto de la convergencia del

MGAC al mínimo local de energía. Presentamos el análisis de los resultados preliminares de estas implementaciones empleando como sistema de prueba la molécula de Metanol.

Palabras claves: Algoritmos Genéticos, Cristales Moleculares, Computación Grid.

[1] [www.quatum-espresso.org](http://www.quatum-espresso.org)

[2] [www.opensciencegrid.org](http://www.opensciencegrid.org)

## FA-22 Nuevo análisis de las configuración $4s^24p^3 6d$ del Kr III

Reyna Almandos J<sup>1</sup>, Raineri M<sup>1</sup>, Gallardo M<sup>1</sup>, Pagan C<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Centro de Investigaciones Ópticas, CONICET La Plata - CIC-BA*

<sup>2</sup> *Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil*

En este trabajo presentamos nuevos resultados experimentales del espectro del Kr III en la región de 240-8700 , obtenidos con una fuente de luz consistente en una descarga capilar pulsada desarrollada en el CIOp en la región del VUV-Visible-IR y un theta pinch para la región del VUV obtenidos en Lund, Suecia. Del análisis del espectro se pudieron clasificar nuevas líneas espectrales y se determinaron nuevos niveles de energía de las configuraciones  $4s^24p^3 6d$ . El análisis espectral fue guiado por predicciones teóricas de la estructura de niveles obtenidos con cálculos Hartree - Fock Relativistas (HFR) con los que se determinación las probabilidades de transición atómicas; se incluyeron también cálculos de polarización de carozo (CP) e interacción de las series de Rydberg. Los parámetros de energía fueron optimizados ajustando los valores teóricos de los niveles de energía con los experimentales. Nuevos datos espectroscópicos de este ion son de importancia debido a sus aplicaciones en la física del láser, física de colisiones y astrofísica.

## FA-23 PATRONES HOLOGRÁFICOS EN FOTO-IONIZACIÓN ATÓMICA

López S<sup>1</sup>, Arbó D<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET- UBA, Buenos Aires, Argentina*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Ciclo Básico Común - Universidad de Buenos Aires*

Los pulsos ultra-cortos e intensos de luz láser han permitido la observación en tiempo real de numerosos procesos ultrarrápidos de la naturaleza como ser el efecto túnel de electrones atómicos y el bombeo de átomos y moléculas en el decaimiento

Auger. También ha servido como herramienta para lograr mapeos de los orbitales moleculares, para dirigir paquetes de onda electrónicas o aumentar la radiación generada por armónicos de orden superior entre otros aspectos. Para lograr un control cabal de estos procesos ultrarrápidos se requiere un entendimiento cuantitativo de la respuesta dinámica de átomos y moléculas frente a las interacciones electromagnéticas no perturbativas.

En este trabajo realizamos un estudio teórico de las estructuras holográficas en los espectros fotoelectrónicos para ionización de átomos de hidrógeno inducidos por pulsos de láser cortos. Para dilucidar la naturaleza de las estructuras holográficas presentes en la distribución de momentos de los fotoelectrones, usamos varias aproximaciones cuánticas, tales como las aproximaciones de campo fuerte y de Coulomb-Volkov hasta segundo orden, como así también simulaciones semiclásicas de Monte Carlo. En un pulso de un solo ciclo, eliminamos la interferencia intraciclo del espectro aislando la estructura holográfica formada en el proceso de fotoionización. Testeamos diferentes aproximaciones y analizamos el rol de la interacción del electrón con el core numéricamente resolviendo la ecuación de Schrödinger. Mostramos que el modelo semiclásico de Shvetsov-Shilovski et al. [1] considera el efecto del potencial Coulombiano sobre la dinámica electrónica y la fase semiclásica en forma completa reproduciendo la estructura holográfica de los cálculos cuánticos completos. Contrariamente, los métodos cuánticos perturbativos y semiclásicos consideran solo parcialmente algunas de las características de los patrones de interferencia holográficos. Se caracterizaron tres tipos diferentes de trayectorias durante el proceso de ionización por un pulso de un solo ciclo con tres tipos diferentes de interferencias [2-5]. Mostramos que la interferencia holográfica surge como producto de la ionización solo durante el primer semiciclo del pulso, mientras que la superposición coherente de las trayectorias electrónicas durante el primer semiciclo y el segundo semiciclo generan otros dos tipos de interferencia intraciclo. Testeamos el modelo semiclásico de los dos pasos comparándolo con los resultados numéricos de la ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo.

1. N.I. Shvetsov-Shilovski, M. Lein, L.B. Madsen, E. Räsänen, C. Lemell, J. Burgdörfer, D.G. Arbó, and K. Tokési, *Phys. Rev. A* 94, 013415 (2016).
2. S. D. López, S. Donsa, S. Nagele, D. G. Arbó, and J. Burgdörfer, *Phys. Rev. A* 104, 043113 (2021).
3. S. D. López and D. G. Arbó, *Phys. Rev. A* 100, 023419 (2019).
4. S. D. López and D. G. Arbó, *Eur. Phys. Jour. D* 73, 28 (2019).
5. S. Borbély, A. Tóth, D. G. Arbó, K. , and L. Nagy, *Phys. Rev. A* 99, 013413 (2019).

**FA-24** **Revisión de los últimos veinte años de stopping power de iones en la materia: presente y futuro de la base de datos de IAEA**

Montanari C C<sup>1</sup>, Dimitriou P<sup>2</sup>, Bivort Haiek F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET- UBA, Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup> Division of Physical and Chemical Sciences, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria

El conocimiento de la pérdida de energía de iones en materiales (stopping power) es relevante para una amplia gama de aplicaciones que van desde las ciencias de materiales, el patrimonio cultural, las aplicaciones médicas, las tecnologías de fisión y fusión y las aplicaciones espaciales. Se utilizan directamente en técnicas experimentales como análisis de haz de iones, rangos de deposición, implantación de iones y estudios de daños por radiación, por nombrar sólo algunos. También se necesitan valores fiables de stopping power en la producción de isótopos y el desarrollo de detectores para la investigación básica y aplicada. En esta presentación brindamos una descripción general de los últimos veinte años de esfuerzo experimental y teórico, identificamos las tendencias en mediciones recientes [1-5] y discutimos las necesidades de nuevos datos. Nuestro análisis se basa en la completa base de datos experimentales de stopping power electrónico de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) [6,7], y en descripciones semiempíricas y teóricas seleccionadas. También presentamos la modernización 2022 de la base de datos de IAEA y las posibilidades que esta brindará a las necesidades de una comunidad de usuarios en continuo desarrollo.

[1] T. Materna et al, Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 505, 1-16 (2021).

[2] P. Strom, D Primetzhofer, Phys. Rev. A 103, 022803 (2021). [3] S. Kumar et al, Vacuum 181, 109606 (2020). [4] M. Mery et al, Rad. Eff and Defects in Solids 176, 73-91 (2021) [5] M. V. Moro et al, Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 498, 1-8 (2021). [6] IAEA Stopping Database. Electronic Stopping Power of Matter for Ions: <https://www-nds.iaea.org/stopping/> (last update: December 2021). [7] C. C. Montanari, P. Dimitriou, Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 408, 50755 (2017).

## FA-25 Separación isotópica $^{32}\text{S}$ - $^{34}\text{S}$ mediante toberas curvas en mezclas de He-SF<sub>6</sub>.

Kaul E<sup>1 2 3</sup>, Maceira P<sup>1 2</sup>, Schönhals P<sup>1 2</sup>, Pachao N<sup>4</sup>, De La Iglesia G<sup>2</sup>, De La Haye B<sup>1</sup>, Etchepareborda D<sup>4</sup>, Bonetto F<sup>1 2 3</sup>, Biasetti D<sup>1</sup>, Cortizo E<sup>1 2</sup>, Encina S<sup>1 2</sup>, Fainstein P<sup>1 3</sup>, Fiol J<sup>1 2 3</sup>, Fregenal D<sup>1 3</sup>, Frigerio Parenza P<sup>1 2</sup>, González J<sup>1 2 3</sup>, Knoblauch P<sup>1 2</sup>, Lamagna A<sup>1 3</sup>, Niro F<sup>1</sup>, Perlo L<sup>1 2</sup>, Ramos J<sup>1</sup>, Zarco M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> CONICET

<sup>4</sup> INVAP S.E. Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado

En este trabajo se presentan los efectos de separación isotópica entre  $^{32}\text{S}$  y  $^{34}\text{S}$

generados al circular una mezcla de He-SF<sub>6</sub> a través de un sistema de tobera curva, con un diseño similar a aquellas investigadas intensivamente por Becker *et al.* [1-2]. Esta tobera contiene un separador de flujos a la salida de la misma, con el cual se obtiene una rama "pesada" (enriquecida en <sup>34</sup>S, lado exterior de la zona curva) y una rama "liviana" (enriquecida en <sup>32</sup>S, parte interna). La magnitud de la separación isotópica generada por efecto de los gradientes de presión generados aerodinámicamente, fue determinada midiendo la proporción entre los isótopos <sup>32</sup>S y <sup>34</sup>S, tanto al ingreso como en cada rama de salida de la tobera. Para esto se empleó un espectrómetro de masas por cuadrupolo (QMS). Los resultados experimentales muestran tendencias claras en la capacidad separativa de la tobera en los diferentes rangos de composición y presiones de entrada estudiados. Observamos que la separación isotópica de azufre es más intensa cuando menor es la presión de entrada y menor es la proporción molar de SF<sub>6</sub> en la mezcla, llegándose a un máximo de  $\alpha = 1,026$  para 3% SF<sub>6</sub> y 12.5 mbar de presión de entrada.

[1] W. Ehrfeld, 'Elements of Flow and Diffusion Processes in Separation Nozzles', Springer Tracts in Modern Physics, Springer-Verlag, Vol. 97, 1983. (DOI 10.1007/BFb0044740)

[2] E. W. Becker, 'Separation nozzle'. In: Uranium Enrichment, Villani S. (eds). Topics in Applied Physics, Vol. 35, Springer, Berlin, Heidelberg. (DOI 10.1007/3-540-09385-0\_19).

## FA-26 Separación isotópica de litio por láser para aplicaciones nucleares

Knoblauch P<sup>1</sup>, Bruchhausen A<sup>2</sup>, Fainstein P<sup>1</sup>, Fainstein A<sup>2</sup>, Fregenal D<sup>1</sup>, Guyón M<sup>2</sup>, Rozas G<sup>2</sup>, Biasseti D<sup>1</sup>, Cortizo E<sup>1</sup>, Encina S<sup>1</sup>, Frigerio P<sup>1</sup>, Kaul E<sup>1</sup>, Lamagna A<sup>1</sup>, Niro F<sup>1</sup>, Ramos J<sup>1</sup>, Schönhals P<sup>1</sup>, Zarco M<sup>1</sup>, Fiol J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Subgerencia de Aplicaciones de la Tecnología Láser - Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>2</sup> *División Óptica y Fotónica, Gerencia Física (GAlYANN, CNEA), Centro Atómico Bariloche, 8400 Bariloche, Argentina*

En los últimos años, la extracción y procesamiento de litio recibió un fuerte impulso enfocado, principalmente, en la fabricación de baterías para automóviles. Sin embargo, este elemento también posee una gran importancia en la tecnología nuclear. El isótopo litio-7 se utiliza en el circuito primario de centrales nucleares de agua presurizada y el litio-6 se emplea como blindaje o como detector de neutrones. El uso del litio isotópicamente puro en estas actividades requiere de cantidades muy inferiores a las necesarias para la producción de baterías, grasas, etc., pero su producción tiene un enorme valor agregado.

En este trabajo se presentan resultados de separación isotópica de litio basada en el

método de Atomic Vapor Laser Isotope Separation (AVLIS) [1]. La técnica se basa en la ionización selectiva por láser de los isótopos de interés. En un horno especialmente diseñado se genera un haz atómico vaporizando litio metálico a temperaturas superiores a los 400 °C. Un sistema de orificios o rendijas colima el haz atómico que es dirigido a una cámara de procesos acoplada a un Espectrómetro de masas por tiempo de vuelo (TOF). El haz de litio se irradia con un láser, sintonizado alrededor de 671 nm, que produce la excitación selectiva de uno de los isótopos. Un segundo láser es utilizado para la ionización del átomo excitado. Los iones generados se extraen mediante un campo eléctrico para su recolección o para su análisis por TOF. El haz neutro se colecta por separado.

Se exhibirá el diseño de las partes que componen el dispositivo: horno de vaporización, cámara de procesos, láseres y espectrómetro. También se presentarán espectros de tiempo de vuelo asociados con el haz atómico natural y el efecto de la excitación sobre las componentes isotópicas del mismo. Se presentarán resultados de selectividad y se discutirá la aplicación de esta técnica para la producción de litio enriquecido isotópicamente para su uso en la industria nuclear.

#### Bibliografía

H. J. Strydom. Mass spectrometry characterization of laser produced products. PhD Thesis. Durban, Sudáfrica: Department of Physics, University of Natal, 1999.

### FA-27 Separación molecular en expansiones supersónicas producidas por toberas axisimétricas. Mezclas de He-CO<sub>2</sub>

Bonetto F<sup>1 2 3</sup>, Gómez Garay I<sup>4</sup>, Maceira P<sup>1 3 4</sup>, Schönhals P<sup>1 3</sup>, Pachao N<sup>4</sup>, De La Haye B<sup>1</sup>, Etchepareborda D M<sup>4</sup>, Biasetti D<sup>1</sup>, Cortizo E<sup>1 3</sup>, Encina S<sup>1 3</sup>, Fainstein P<sup>1 2</sup>, Fiol J<sup>1 2 3</sup>, Frigerio Parenza P<sup>1 3</sup>, González J<sup>1 2 3</sup>, Knoblauch P<sup>1 3</sup>, Lamagna A<sup>1 2</sup>, Niro F<sup>1</sup>, Perlo L<sup>1 3</sup>, Ramos J<sup>1</sup>, Zarco M<sup>1</sup>, Kaul E<sup>1 2 3</sup>, Fregenal D<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>4</sup> INVAP S.E. Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado

En este trabajo se presentan los efectos de separación molecular, generados al expandir supersónicamente una mezcla de He-CO<sub>2</sub> mediante un sistema de tobera convergente axisimétrica con divisor de caudal coaxial. De esta manera se separaba la parte central del haz en expansión (que fluía por dentro del divisor) de la externa, que se expandía a la cámara. En este sistema se podía controlar la distancia tobera-divisor, presión de entrada a la tobera y la composición de la mezcla (que en el presente caso fue de 2.5% de CO<sub>2</sub> en He). También se registraban las presiones y

caudales en las 2 ramas de salida (cámara y divisor). El sistema contaba, además, con un sensor de composición de  $\text{CO}_2$  con el cual se podía determinar la presión parcial de  $\text{CO}_2$  tanto en la rama de entrada como en las dos de salida. De esta manera se pudo medir y estudiar el cambio en la composición de la mezcla por los efectos separativos aerodinámicos producidos por los fuertes gradientes de presión presentes en las expansiones supersónicas logradas. La composición de la mezcla se eligió para amplificar los efectos separativos ya que éstos dependen de la diferencia de masa entre las especies presentes en el gas de proceso. Por esto, esta mezcla (con un cociente de masas ( $\text{masa}_{\text{CO}_2}/\text{masa}_{\text{He}}$ ) de 11), es un sistema ideal para amplificar los efectos separativos, que en el caso de diferencias de masas menores (como cuando se tienen diferencias isotópicas) son menos evidentes y difíciles de estudiar.

## FA-28 Síntesis, Cristalización y Caracterización Espectroscópica y Magnética del Compuesto Paramagnético $1\text{D CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ mediante EPR

Pérez A L<sup>1,2</sup>, Kemmerer A<sup>1</sup>, Zapata A J<sup>1</sup>, Forzani L<sup>3</sup>, Dalosto S<sup>2</sup>, Urteaga R<sup>2,4</sup>, Brondino C D<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe

<sup>2</sup> Instituto de Física de Santa Fe - IFIS - CONICET

<sup>3</sup> Centro de Investigación de Métodos Computacionales

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral

El estudio de compuestos de coordinación que podrían funcionar como nanopartículas magnéticas es un campo relevante de investigación dentro del magnetismo molecular. En ello confluye tanto el interés por sus potenciales aplicaciones tecnológicas, así como la comprensión a nivel básico de los fenómenos que las producen. El objetivo de nuestro trabajo se basa en estudiar complejos metálicos paramagnéticos confinados espacialmente, de forma de generar sistemas magnéticos unidimensionales, para evaluar sus propiedades magnéticas como entidades que generen nuevos materiales magnéticos.

Como referencia, se prepararon monocristales de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  por evaporación lenta de una solución acuosa saturada, para su estudio por espectroscopia de Resonancia Paramagnética Electrónica (EPR) en muestras poli-, monocristalinas y en solución de este complejo. En particular, EPR aplicada a este tipo de muestras, es una técnica muy útil para relacionar el magnetismo con la estructura de los caminos químicos que comunican los iones en la red cristalina [1].

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  cristaliza en un sistema triclinico,  $Z=1$ . El análisis de la estructura cristalina muestra que la celda unitaria contiene dos iones  $\text{Cu(II)}$  magnéticamente no equivalentes en las posiciones  $A(0,0,0)$  y  $B(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0)$ . Cada ión  $\text{Cu(II)}$  está ubicado

en el centro de un octaedro formado por cuatro moléculas de agua en posiciones ecuatoriales y dos iones oxígeno (partes de los grupos sulfato) en posiciones axiales. Las dimensiones de los octaedros son ligeramente diferentes para los dos iones de Cu(II). Como resultado de esta configuración, cada ion Cu(II) está en el centro de un campo eléctrico de simetría tetragonal, pasando el eje tetragonal a través de los dos oxígenos. El ángulo entre los ejes tetragonales es de  $82^\circ$  según los datos de difracción de rayos X [2] y de  $89^\circ$  según las medidas magnéticas [3]. Este sistema es indudablemente 1D desde un punto de vista estructural.

Para evaluar su comportamiento en condiciones de confinamiento espacial, se utilizaron soluciones de

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  que fueron introducidas en matrices de alúmina anódica porosa (AAP) formada por anodizado electroquímico de un sustrato de aluminio en condiciones adecuadas [4]. Los poros formados son rectos a través del espesor de la película, paralelos entre sí, y con diámetros aproximadamente constantes. Las características estructurales de la AAP, tales como el diámetro de poro y distancia entre poros, son dependientes de las condiciones de anodizado. Se utilizó una técnica interferométrica que permite la caracterización morfológica de estas estructuras, a partir del estudio de la dinámica de llenado capilar utilizando fluidos simples [5]. Luego se utilizó la misma técnica para monitorear el ingreso en los nanoporos de la solución de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Las mediciones de EPR en Banda X se realizaron en muestras de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  de polvo, solución y monocristal y confinadas en AAP para su comparación. El análisis por EPR permitió comprobar que las resonancias de los iones Cu(II) magnéticamente no equivalentes están acopladas por intercambio isotrópico ( $H = -J.S_A.S_B$ ). El análisis preliminar de los ensayos realizados hasta el momento en muestras confinadas de AAP, sugieren que el confinamiento induce una orientación preferencial de los complejos dentro de los poros, no permitiendo la libertad rotacional de las moléculas.

[1] Pérez A. L., y otros. *EJIC*. **40** (2021) 4183-4195.

[2] Beevers CA., y otros. *Proc. Roy. Soc.* **A146** (1934) 570.

[3] Krishnan K.S., y otros. *Phys. Rev.* **54** (1938) 533.

[4] Kumeria T., y otros. *Sensors*. **14(7)** (2014) 11878-11918.

[5] Urteaga R., y otros. *Langmuir*, **29(8)** (2013) 2784-2789.

## FA-29 Técnicas de análisis por haces de iones en el acelerador de iones Tándem 1,7 MV del Centro Atómico Bariloche

Anibal G<sup>1</sup>, Olivares C<sup>1</sup>, Ruano Sandoval G<sup>1 2</sup>, Rodríguez L<sup>1 2 3</sup>, Pérez P D<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio TANDEM, Centro Atómico Bariloche, Argentina

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>3</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CONICET-CNEA, Centro Atómico Bariloche

El acelerador de iones Tándem 1,7 MV es un instrumento de grandes dimensiones localizado en el Departamento de Interacción de la Radiación con la Materia del Centro Atómico Bariloche. Dicho equipo es capaz de acelerar una gran variedad de iones, tanto desde gases como de sólidos, a distintas energías según se requiera, y dirigirlos hacia la línea de análisis de materiales o bien hacia la de colisiones atómicas con blancos gaseosos, dependiendo de la investigación que quiera llevarse a cabo.

Entre las técnicas de análisis de materiales por haces iónicos (IBA: *Ion Beam analysis*) empleadas regularmente en el laboratorio del acelerador se destacan PIXE (*Particle Induced X-ray Emission spectroscopy*), que permite obtener la composición atómica de la muestra y con la que se han realizado investigaciones tan diversas como el deterioro en materiales de implantes dentarios, secciones eficaces de producción de rayos x, composición química de nanopartículas y caracterización de piezas arqueológicas; RBS (*Rutherford Backscattering Spectroscopy*), con la que se explora la distribución en profundidad de los elementos constituyentes de la muestra y se ha empleado, por ejemplo, en la caracterización de películas de metales, óxidos y superconductores, análisis de la capa de conversión en detectores CMOS dedicados a la detección de neutrones y análisis de electrodos de baterías de nueva generación; y NRA (*Nuclear Reaction Analysis*), técnica también enfocada al estudio de la composición en función de la profundidad, con la que se han realizado capacitaciones y actividades de docencia para alumnos de la Licenciatura en Física del Instituto Balseiro.

Por otro lado, está en proceso de diseño e implementación una nueva línea de análisis, con una cámara de ultra-alto vacío, apuntada al estudio de la Ciencia de Superficies y con espectroscopía de rayos x de alta resolución, en el contexto de desarrollo de proyectos PIP y PICT.

Actualmente se están llevando a cabo proyectos de investigación relacionados con la generación de neutrones monoenergéticos, intercalados moleculares, caracterización de films y nanopartículas y estudio de materiales de interés geológico. En esta presentación, describimos los avances de estos proyectos así como también las propuestas de trabajo en colaboración y/o posgrado.

# FUNDAMENTOS E INFORMACIÓN CUÁNTICA

## Charlas

Martes 27 de septiembre

14:00-14:25

Aulas Nuevas 1

### Caracterización y control de efectos de decoherencia de sistemas cuánticos fuera de equilibrio

Dominguez F D<sup>1</sup>, Kuffer M<sup>1 2 3</sup>, Rodriguez M C<sup>1 3</sup>, Zwick A<sup>1 2 3</sup>, Álvarez G A<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.

<sup>3</sup> Institutuo Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica

El procesamiento confiable de la información cuántica es un hito clave para el desarrollo de tecnologías cuánticas. Para ello es necesario caracterizar sistemas cuánticos que se encuentran fuera de equilibrio [1-3]. Ésta caracterización es además necesaria para diseñar el control óptimo de dispositivos cuánticos para mitigar la pérdida de su información cuántica. Ésta es una tarea muy desafiante ya que la naturaleza no estacionaria de estos sistemas genera correlaciones de alto grado y muy complejas. En esta charla mostraré una serie de métodos desarrollados para caracterizar la decoherencia de sistemas cuánticos fuera de equilibrio [3-6]. Por un lado utilizando simulaciones cuánticas implementadas con Resonancia Magnética Nuclear determinamos "out-of-time order correlations" (OTOCs) [1,2] que cuantifican cómo se propagan excitaciones locales en un sistema de muchos cuerpos, y cómo ésta dinámica si es controlada idealmente se aparta de una dinámica controlada con imperfecciones [3-5]. Se observa que la tasa de decoherencia de la fidelidad de esta dinámica se incrementa con el número efectivo e instantáneo  $K$  de qubits activos en la dinámica, siguiendo una ley de potencia  $K^\alpha$ . Se observan cambios en esta ley de escala de la decoherencia que definen la fragilidad del control cuántico, manifiesta en el exponente  $\alpha$ . Estos resultados indican que el control confiable de sistemas cuánticos grandes podría ser factible en condiciones realistas, si las perturbaciones pueden mantenerse por debajo de este umbral crítico. Por otro lado mostraré cómo la dinámica fuera de equilibrio puede ser monitoreada por un sensor cuántico [6]. Mostraré cómo las propiedades espectrales y

de no Markovianidad de estas dinámicas se manifiestan en el sensor. Éstos resultados proveen una tecnología cuántica para sondear las propiedades espectrales y mitigar los efectos de decoherencia de entornos fuera de equilibrio, no-estacionarios.

[1] R.J. Lewis-Swan, A. Safavi-Naini, A.M. Kaufman, A.M. Rey. Dynamics of quantum information. Nat. Rev. Phys. 1, 627 (2019).

[2] B. Swingle. Unscrambling the physics of out-of-time-order correlators. Nat. Phys. 14, 988 (2018).

[3] G. A. Alvarez, D. Suter, R. Kaiser. Localization-delocalization transition in the dynamics of dipolar-coupled nuclear spins. Science 349, 846 (2015).

[4] F.D. Dominguez, M.C. Rodriguez, R. Kaiser, D. Suter, G.A. Alvarez. Decoherence scaling transition in the dynamics of quantum information scrambling. Phys. Rev. A 104, 012402 (2021).

[5] F.D. Dominguez, G.A. Alvarez, Dynamics of quantum information scrambling under decoherence effects measured via active spin clusters. Phys. Rev. A 104, 062406 (2021).

[6] M. Kuffer, A. Zwick, G.A. Alvarez. Path integral framework for characterizing and controlling decoherence induced by non-stationary environments on a quantum probe. PRX Quantum 3, 020321 (2022).

**Contacto:** Gonzalo Álvarez, gonzalo.alvarez@cab.cnea.gov.ar **Codigo Identificador:** 9255

14:25-14:50

Aulas Nuevas 1

## Agentes con correlaciones supercuánticas en el juego de las minorías

Barrangú J P<sup>1</sup>, Arizmendi C M<sup>1</sup>, Mazzitello K I<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Sistemas Complejos y Computación Cuántica - Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Electrónica - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata

<sup>2</sup> Laboratorio de Sistemas Complejos y Computación Cuántica - Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Electrónica - CONICET

Estudiamos el efecto de las correlaciones tipo PR-Box (Popescu-Rohrlich Box) [1] introducidas en el juego de las minorías (minority game). Se trata de un juego binario en el que los agentes eligen uno de los dos lados en forma independiente y aquellos agentes sobre el lado minoritario ganan [2]. La versión cuántica del juego de las minorías [3] tiene las mismas reglas que la versión clásica pero debido a la no-localidad de la mecánica cuántica se obtienen resultados distintos. Los efectos producidos en el juego cuántico por la violación de las desigualdades de Bell fueron estudiados en [4],

mostrando que con el uso de la no-localidad cuántica se logra una ventaja para los jugadores con respecto al caso clásico.

Las correlaciones PR-Box se caracterizan por ser no señalantes y cumplir al mismo tiempo la desigualdad CHSH con el máximo valor, lo que significa máxima no-localidad. La dispersión de la diferencia entre los agentes que pierden y los que ganan está inversamente relacionada a la eficiencia de la distribución de recursos en el juego. Valores más pequeños de la dispersión indican un mejor uso de los recursos de los agentes. Con las correlaciones PR-Box esperamos obtener un decrecimiento en la dispersión del juego. La misma depende de la memoria de las jugadas ganadoras en el pasado. En el juego clásico aparecen dos fases separadas por un punto crítico: La fase simétrica o impredecible en la que los agentes son incapaces de saber las acciones ganadoras a partir de la historia pasada y la fase asimétrica o predecible en la que hay agentes con mayor probabilidad de ganar. En el punto crítico, la dispersión de la diferencia entre agentes perdedores y ganadores es mínima, tratándose del punto más eficiente del juego. Cuando se incluyen las correlaciones PR-Box a un porcentaje de agentes, mejora la eficiencia del juego en la mayor parte de la fase simétrica o impredecible, pero en el punto crítico aumenta, resultando menos eficiente que el asociado al juego clásico. En este último los agentes juegan con máxima anti-correlación de forma espontánea. El porcentaje de agentes supercuánticos fue correlacionado de a pares y también utilizando Svetlichny-Box. Este último permite construir anillos de  $N$  agentes correlacionados a partir de  $N$  PR boxes, para  $N > 2$ . Para ambos casos, las correlaciones generan resultados similares, para los cuales, en el punto crítico, el juego clásico sigue teniendo una mejor eficiencia.

[1] Popescu, S. y Rohrlich, D. "Quantum nonlocality as an axiom" *Foundations of Physics*, Vol. 24, No. 3, 379-385, 1994.

[2] Challet, D. y Zhang, Y. "Emergence of cooperation and organization in an evolutionary game" *Phys. A*, Vol. 246, No. 3-4, 407-418, 1997.

[3] Benjamin, S. C. y Hayden, P. M. "Multiplayer quantum games" *Phys. Rev. A*, Vol. 64, 030301, 2001.

[4] Flitney, A. P., Schlosshauer, M., Schmid, C., Laskowski, W. y Hollenberg, L. C. "Equivalence between Bell inequalities and quantum minority games" *Phys. Lett. A*, Vol. 373, No. 5, 521-524, 2009.

**Contacto:** Juan Pablo Barrangú, jpbarrangu@gmail.com **Código Identificador:** 8568

14:50-15:15

Aulas Nuevas 1

## Caracterización entrópica de estados cuánticos con evolución máxima bajo restricciones de ener-

## gía

Majtey A P<sup>1</sup>, Valdés-Hernández A<sup>2</sup>, Maglione C G<sup>3</sup>, Plastino A R<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba, Instituto de Física Enrique Gaviola CONICET-UNC*

<sup>2</sup> *Instituto de Física- UNAM , México.*

<sup>3</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, FAMAF-UNC, Argentina*

<sup>4</sup> *CeBio y Secretaría de Investigación, Universidad Nacional del Noroeste de la Prov. de Buenos Aires - UNNOBA and CONICET*

Cuando se analizan las limitaciones temporales asociadas a la evolución cuántica cabe preguntarse: ¿Cuánto tiempo hay que esperar para ver que algo ocurre? Esta es la pregunta básica que abordan los estudios sobre el límite de velocidad cuántico. Una pregunta alternativa y complementaria es: ¿Cuánto ocurre durante un determinado tiempo? En esta charla abordaremos esta segunda pregunta. Para ello, introduciré una medida para la cantidad de evolución dinámica exhibida por un sistema cuántico durante un intervalo de tiempo en términos de cuán distinguibles entre sí son, en promedio, los estados del sistema en diferentes momentos. Veremos que, para valores crecientes de la duración del intervalo, la medida alcanza rápidamente un valor asintótico dado por la entropía lineal de la distribución de energía asociada al estado cuántico (puro) del sistema. Esto conduce a la formulación de un problema variacional entrópico que caracteriza los estados cuánticos que optimizan la medida de evolución para una energía media dada. Dichos estados óptimos pueden considerarse como los que más evolucionan bajo unos recursos energéticos dados.

**Contacto:** Ana Paula Majtey, anamajtey@unc.edu.ar **Código Identificador:** 9284

15:15-16:00

Aulas Nuevas 1

## Presentación de pósters de división

Se realizará una muy breve presentación de los pósters de la división.

### Miércoles 28 de septiembre

14:00-14:25

Aulas Nuevas 1

## Controlando la decoherencia y la dinámica en un sistema de espines nucleares bajo el efecto de un Hamiltoniano de coherencias dobles

Chattah A K<sup>1</sup> <sup>2</sup>, Sánchez C M<sup>1</sup>, Pastawski H M<sup>1</sup> <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola*

La variada familia de ecos, en particular el eco de Loschmidt (LE), se ha convertido en una herramienta invaluable en varias técnicas experimentales que buscan identificar y compensar las fuentes de decoherencia en los sistemas cuánticos de muchos cuerpos, lejos del estado fundamental [1,2]. Un LE implica un procedimiento de inversión de tiempo, para evaluar el efecto de las perturbaciones en una dinámica de excitación cuántica. Esto se traduce en un observable de fácil acceso y medición directa en Resonancia Magnética Nuclear en sólidos, lo que la hace una técnica experimental privilegiada para observar fenómenos de decoherencia.

Actualmente, estamos trabajando en un esquema experimental basado en desarrollos de Floquet, creado particularmente para modificar y escalear la intensidad de interacción en un Hamiltoniano de coherencias dobles. A partir de un estado inicial no correlacionado, tenemos la posibilidad de modificar la escala de tiempos de desparramo de información,  $T_2$ , y verificar como afecta a la escala de pérdida de señal,  $T_3$ . Observamos primeramente las particularidades de la dinámica doble quantum escaleada, en comparación con la secuencia original sin escaleo, demostrando la buena performance de la nueva propuesta experimental. Además, estudiamos el comportamiento no solo del eco de Loschmidt en un amplio rango de intensidades, sino también del crecimiento de clusters de espines, en el sólido Adamantano. En ambos casos se da una gran concordancia entre los factores de escala, mostrando que existe un rango de interacciones en donde el tiempo de decoherencia,  $T_3$ , es proporcional a la escala de tiempo de las interacciones invertidas de muchos cuerpos,  $T_2$ .

[1] CM Sánchez, et al, Phys. Rev. A 105, 052232 (2022)

[2] CM Sánchez et al. Phys. Rev. Lett, 124, 030601 (2020)

**Contacto:** Ana Karina Chattah, karina.chattah@unc.edu.ar **Codigo Identificador:** 8536

14:25-14:50

Aulas Nuevas 1

## Transición de integrabilidad a caos en sistemas mixtos

Notenson T

La complejidad de sistemas cuánticos de muchos cuerpos es un tema cuyo interés viene en aumento. Uno de los mayores inconvenientes en el estudio de estos sistemas es el hecho de que éstos no tienen contraparte clásica. Con el objetivo de evitar este problema se suelen estudiar sistemas más sencillos que tengan características

similares a éstos pero con un límite clásico bien determinado. En este trabajo nos concentramos en el estudio de sistemas como la cadena de Ising con campo inclinado o el mapa estándar donde se observa una transición de completa integrabilidad al caos pasando por una convivencia de ambas dinámicas. Recientemente se ha mostrado que la transición de integrabilidad a caos que se observa en las medidas espectrales y en las medidas dinámicas del mapa estándar cuántico no coincide. De este hecho se desprende la pregunta de cuál es la magnitud que determina esta transición dinámica y si esta magnitud es clásica o cuántica. En este trabajo mostramos numéricamente esta diferencia y también abordamos la pregunta de cuál es la propiedad del sistema que determina esta transición dinámica estudiando una magnitud clásica relacionada a los decaimientos de los correladores: las resonancias de Ruelle-Pollicott. También analizamos la posibilidad de extender estos resultados a sistemas mixtos many-body.

**Contacto:** Tomás Notenson, tomas.notenson@gmail.com **Código Identificador:** 8860

14:50-15:10

Aulas Nuevas 1

## Aplicaciones del método de MaxEnt a la estimación de estados cuánticos

Holik F<sup>1</sup>, Corte I<sup>1</sup>, Losada M<sup>2</sup>, Rebón L<sup>3</sup>, Tielas D<sup>4</sup> <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física La Plata-IFLP, CONICET-CCT La Plata, (1900) La Plata, Argentina

<sup>2</sup> Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Instituto de Física La Plata-IFLP, CONICET-CCT La Plata, (1900) La Plata, Argentina

<sup>4</sup> Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET

En este trabajo nos enfocamos en el problema de la estimación de estados cuánticos de múltiples qubits utilizando el Principio de Máxima Entropía (MaxEnt) [1]. Analizaremos situaciones en las que parte de la información a priori viene dada en términos de simetrías del sistema, lo cual permite economizar los recursos necesarios para obtener una estimación razonable [2,3]. Discutiremos la performance de esta técnica [4,5] en distintos ejemplos de interés general para la teoría de la información cuántica, así como otros desarrollos más específicamente vinculados a la teoría de la computación cuántica.

[1] Federico Holik and Angel Plastino. Quantal effects and MaxEnt, Journal of mathematical physics, Vol. 53, N. 7, 073301, (2012).

[2] F Holik, C Massri and A Plastino. Geometric probability theory and Jaynes's methodology, International Journal of Geometric Methods in Modern Physics, 13 (03), 1650025 (2016).

[3] M. Losada, F. Holik, C. Massri and A. Plastino. Solutions for the MaxEnt problem with symmetry constraints, *Quantum Information Processing*, Vol. 18, N. 9, 293 (2019).

[4] D. Tielas, M. Losada, L. Rebón and F. Holik. Performance of the quantum MaxEnt estimation in the presence of physical symmetries, *Quantum Information Processing*, 21, 227 (2022).

[5] M. Losada, V. A. Penas, F. Holik, P. W. Lamberti. MaxEnt principle and reduced density matrix estimation, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Volume 600, 127517, (2022).

**Contacto:** Federico Holik, holik@fisica.unlp.edu.ar **Codigo Identificador:** 8757

15:10-15:35

Aulas Nuevas 1

## Predicting the minimum control time of quantum protocols with artificial neural networks

Sevitz S<sup>1</sup>, Mirkin N<sup>1</sup>, Wisniacki D A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

Quantum control relies on the driving of quantum states without the loss of coherence, thus the leakage of quantum properties onto the environment over time is a fundamental challenge. One work-around is to implement fast protocols hence the Minimal Control Time (MCT) is of utmost importance. Here, we employ a machine learning network in order to estimate the MCT in a state transfer protocol. An unsupervised learning approach is considered by using a combination of an autoencoder network with the k-means clustering tool. The Landau-Zener (LZ) Hamiltonian was analyzed given that it has a analytical MCT and a distinct change in the landscapes control topologies when the the total evolution time is under or over the MCT. We obtained that the network is able to not only produce an estimation of the MCT but also gains an understanding of the landscapes' topologies. Similar results were yielded for the generalized LZ Hamiltonian while limitations to our very simple architecture where encountered.

**Contacto:** Sofia Sevitz, sofiassevitz01@gmail.com **Codigo Identificador:** 9241

15:35-16:00

Aulas Nuevas 1

## Complementariedad coherencia-impureza para sistemas cuánticos basada en mayorización.

Alvarez Y<sup>1,2</sup>, Bosyk G M<sup>1</sup>, Losada M<sup>3</sup>, Portesi M<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física La Plata, CONICET-UNLP, La Plata*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.*

<sup>3</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, FAMAF-UNC, Argentina*

La coherencia cuántica es un recurso relevante para diversas tareas de procesamiento de información cuántica, pero es un aspecto frágil de los sistemas cuánticos ya que generalmente se ve afectada por el ruido ambiental. Esto se refleja en la pérdida de pureza del sistema, que a su vez limita la cantidad de coherencia cuántica. Como consecuencia, surge una complementariedad entre coherencia e impureza (mezcla). Trabajos anteriores caracterizan esta complementariedad a través de relaciones de compromiso entre la norma  $l_1$  de coherencia y la entropía lineal, y entre la entropía relativa de la coherencia y la entropía de von Neumann [1,2]. Sin embargo, se espera que el compromiso coherencia-impureza sea una característica general de los sistemas cuánticos, independientemente de las medidas utilizadas. Proponemos un enfoque alternativo de ese compromiso basado en la teoría de la mayorización [3]. En particular, se utilizan cuantificadores vectoriales de coherencia e impureza en lugar de medidas escalares, a saber, el vector de coherencia generalizada [4] y el vector de autovalores, respectivamente. Se obtiene una relación de mayorización para el producto tensorial de ambos cuantificadores vectoriales, capturando aspectos generales del equilibrio entre coherencia y mezcla. Se proporciona el límite óptimo para los sistemas de un solo qubit y se analizan los límites numéricos para los sistemas de dimensiones superiores. Estos resultados proporcionan una visión más profunda de la relación entre la coherencia cuántica y la mezcla.

[1] U. Singh, M. N. Bera, H. S. Dhar, and A. K. Pati. Phys. Rev. A 91, 052115 (2015) [2] S. Cheng and M. J. W. Hall. Phys. Rev. A 92, 042101 (2015) [3] G. M. Bosyk, G. Bellomo, F. Holik, H. Freytes and G. Sergioli. New J. Phys. 21, 083028 (2019) [4] G. M. Bosyk, M. Losada, C. Massri, H. Freytes, and G. Sergioli. Phys. Rev. A 103, 012403 (2021)

**Contacto:** Yanet Álvarez, [yan\\_alvarez\\_77@hotmail.com](mailto:yan_alvarez_77@hotmail.com) **Código Identificador:** 8868

## Jueves 29 de septiembre

14:00-14:25

Aulas Nuevas 1

# Cómo portarse como un buen bosón - y qué tiene que ver la dimensión

Cormick C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba, e Instituto de Física Enrique Gaviola, CONICET*

Las partículas compuestas por un número par de fermiones se consideran usualmente bosones porque un número par de signos menos da un signo más frente a intercambios, y porque el espín total de la partícula debe ser entero. Sin embargo, el principio de exclusión de Pauli todavía rige para los constituyentes fermiónicos. La comprensión de los bosones compuestos, especialmente pares de fermiones, avanzó mucho con el desarrollo de la "teoría de cobosones". Un elemento fundamental de esta teoría es un ansatz para el estado fundamental de  $N$  pares, que consiste en incorporar el principio de exclusión de Pauli a lo que de otra manera sería un producto con los  $N$  pares en el mismo estado. Se espera que este ansatz sea válido cuando el sistema es diluido, las interacciones son de corto alcance, y los fermiones constituyentes de un par están muy entrelazados. En la charla voy a presentar algunos conceptos básicos sobre bosones compuestos, y luego mostrar por medio de modelos simples que la dimensión espacial es otro aspecto esencial para la validez del ansatz.

**Contacto:** Cecilia Cormick, cecilia.cormick@unc.edu.ar **Código Identificador:** 8949

14:25-14:50

Aulas Nuevas 1

## Resonancias oscuras en iones atrapados: teoría, experimentos y aplicaciones

Nuñez Barreto N A<sup>1 2</sup>, Drechsler M<sup>1 2</sup>, Schmiegelow C T<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *IFIBA, Conicet, Pabellón 1, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina*

Presentamos resultados teóricos y experimentales de espectros de atrapamiento coherente de población en un sistema tipo lambda agregando un tercer láser al sistema para evitar efectos de bombeo óptico. Dichos espectros presentan resonancias oscuras, cuya naturaleza puede ser preservada o afectada por el láser adicional dependiendo de su potencia óptica. Realizamos experimentos con un único ion de calcio atrapado en una trampa de Paul en su sistema de niveles  $S_{1/2} - P_{1/2} - D_{3/2}$ . Abordamos el problema teórico mediante una expansión tipo Floquet del Liouvilliano que predice correctamente los espectros medidos sin la necesidad de realizar una integración completa de la dinámica temporal. Como una primera aplicación de esta técnica mostramos que los espectros obtenidos pueden ser utilizados como un polarímetro vectorial de uno de los haces, permitiéndonos medir el campo eléctrico en la posición del ion en cualquier dirección espacial. Además, sugerimos una aplicación del fenómeno para realizar termometría del ion con sensibilidad variable e independiente del ancho de línea de los láseres.

**Contacto:** Nicolás Adrián Nuñez Barreto, nnunez@df.uba.ar **Código Identificador:** 8552

14:50-15:15

Aulas Nuevas 1

## Sensores cuánticos para medir un quench en su entorno

Kuffer M<sup>1 2 3</sup>, Zwick A<sup>1 2 3</sup>, Álvarez G A<sup>1 2 3</sup><sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.<sup>3</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica

El desarrollo de sensores cuánticos para monitorear procesos a escalas atómicas y nanométricas es un paso clave para el despliegue de tecnologías cuánticas. Se han desarrollado ampliamente varios protocolos para extraer información de entornos del sensor que están en equilibrio termodinámico. Sin embargo, a esas escalas, el entorno se encuentra intrínsecamente fuera de equilibrio, lo que exige nuevos paradigmas para detectarlos con sensores cuánticos. Recientemente introducimos un marco teórico general utilizando integrales de caminos para utilizar un sensor cuántico para detectar la dinámica de no equilibrio de su entorno [1]. En este trabajo implementamos este marco para monitorear un quench en el ambiente del sensor. Mostramos que la forma convencional de medir la tasa de decaimiento de un sensor cuántico [2,3] no brinda ninguna información sobre el quench en su entorno, ya que solo manifiesta el comportamiento estacionario. En cambio, demostramos que la información de no-equilibrio está codificada en un "desplazamiento" del decaimiento del estado del sensor. Mostramos que tanto los procesos fluctuantes estacionarios como los no estacionarios inducen un desplazamiento del decaimiento de la señal del sensor. Sin embargo los efectos en el decaimiento por los procesos estacionarios son invariantes bajo la simetría de inversión del tiempo de las secuencias de desacoplamiento dinámico [2,3] aplicadas al sensor, pero ésta simetría se rompe cuando el entorno es no estacionario. Por lo tanto, un diseño adecuado de secuencias de control del sensor puede manifestar selectivamente en su decaimiento la información no estacionaria inducida por el quench en el ambiente. Demostramos estos resultados con simulaciones cuánticas utilizando experimentos por resonancia magnética nuclear. Estos resultados proporcionan un nuevo paradigma de detección cuántica para desarrollar tecnologías que utilicen sensores cuánticos como sondas de entornos fuera de equilibrio.

[1] Martin Kuffer, Analia Zwick and Gonzalo A. Álvarez. PRX Quantum 3, 020321 (2022).

[2] Gonzalo A. Alvarez, and Dieter Suter. Phys. Rev. Lett. 107, 230501 (2011).

[3] Dieter Suter and Gonzalo A. Álvarez. Rev. Mod. Phys. 88, 041001 (2016).

**Contacto:** Martin Kuffer, martin.kuffer37@gmail.com **Codigo Identificador:** 9090

15:15-16:00

Aulas Nuevas 1

## Asamblea de la División de Información Cuántica y Fundamentos

Espacio dedicado a la discusión de distintas cuestiones vinculadas a la división.

### Sesiones de Posters

- Martes 27/9: FC-1 a FC-13.
- Miércoles 28/9: FC-14 a FC-25.

### FC-1 ACOTACION DE SUCESION DE OPERADORES

Rojas T A<sup>1</sup>, NIEVA J L<sup>1</sup>, Galay F<sup>1</sup>, Juarez M<sup>1</sup>, Peralta J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca*

Se realiza un análisis de la teoría de integrales singulares con el objeto de analizar específicamente los operadores usados en las integrales singulares y la necesidad de su aplicación al análisis de la convergencia del desarrollo en serie de Fourier en espacios de funciones integrables en espacios de Lebesgue mediante las acotaciones de sucesiones de operadores que cumplen las condiciones del lema de Cotlar y su generalización.

### FC-2 Alternativas a la tomografía cuántica estándar para la estimación de estados cuánticos

Corte I<sup>1 2</sup>, Rebon L<sup>1 2</sup>, Holik F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física, Facultad de Cs. Exactas, Universidad Nacional de La Plata*

<sup>2</sup> *Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata*

La determinación del estado de un sistema cuántico [1] es una de las tareas centrales en muchas de las aplicaciones de la teoría de la información cuántica. Sin embargo, dado que la cantidad de mediciones independientes necesarias para realizar una tomografía cuántica completa crece exponencialmente con el número de qubits, es necesario recurrir a esquemas tomográficos alternativos que permitan reducir la

cantidad de recursos experimentales y de cómputo que requiere esta tarea. En este trabajo presentamos un esquema tomográfico para estados con simetrías arbitrarias basado en el esquema de tomografía variacional [2]. Analizamos la performance de este esquema simulando distintas situaciones que pueden darse al aplicarlo a datos experimentales. Por otro lado, se estudia cómo aplicar herramientas de aprendizaje automático para facilitar la tarea de estimación de estados con y sin simetrías conocidas.

[1] M. Paris and J. Rehacek, Quantum State Estimation, Springer Publishing Company (2010). [2] T. O. Maciel, A. T. Cesario, and R. O. Vianna, Variational quantum tomography with incomplete information by means of semidefinite programs, International Journal of Modern Physics C Vol. 22, No. 12 (2011).

### FC-3 Aproximación de campo medio generalizada en sistemas de espines bajo campos magnéticos no uniformes

Valli S<sup>1</sup>, Canosa N<sup>2</sup>, Rossignoli R<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Republica, Montevideo, Uruguay

<sup>2</sup> Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET

<sup>3</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

Se examinan las propiedades magnéticas y las correlaciones cuánticas en el estado fundamental de cadenas cíclicas finitas de espines inmersas en un campo magnético no uniforme y espaciado. Con este propósito se desarrolla una aproximación autoconsistente generalizada de campo medio de clusters. Se muestra que esta aproximación es capaz de predecir correctamente la formación de plateaus de magnetización en dichos sistemas, originando un diagrama de fase distinto al provisto por la aproximación de campo medio convencional, y también estimar adecuadamente el entrelazamiento entre los espines de la cadena y otros observables. Estos resultados se comparan con los resultados exactos a fin de analizar su grado de fiabilidad.

### FC-4 Búsqueda de entrelazamiento en el espectro gama

Crosta T<sup>1</sup>, Medina A<sup>1</sup>, Rebón L<sup>2</sup>, Matera M<sup>2</sup>, Damonte L<sup>2</sup>, Monticelli F<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata

<sup>2</sup> Departamento de Física e Instituto de Física La Plata (IFLP, CCT La Plata, CONICET-UNLP), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, CC 67, 1900 La Plata, Argentina

El entrelazamiento cuántico, uno de los principales recursos en computación cuántica, es un fenómeno que no puede ocurrir clásicamente, y que dio origen a la paradoja EPR, formulada en 1935 por Einstein, Podolsky y Rosen. Dos partículas que se encuentran entrelazadas no pueden ser descritas individualmente ya que su estado no está definido. Sin embargo, el sistema conjunto sí acepta una descripción mediante una única función de onda. Esto resulta en que la medición sobre una de las partículas define el estado de la otra, sin existir interacción entre ambas. Este efecto, conocido como acción a distancia, fue observado experimentalmente en distintos sistemas cuánticos cuyo estado es inicialmente entrelazado.

En esta contribución, presentamos la implementación de un arreglo experimental para la detección de entrelazamiento en polarización de pares de fotones gamma producto del decaimiento de del parapositronio. Una ventaja frente a experimentos similares con fotones en el rango óptico es que, dada la elevada energía de los fotones gamma, el efecto del ruido de fondo se ve fuertemente suprimido. Como desventaja, en este rango del espectro no es posible utilizar elementos polarizantes convencionales para realizar las mediciones necesarias. En su lugar, explotamos el efecto de correlación entre polarización y camino de los fotones antes y después de una dispersión Compton. Finalmente, discutimos mediante el análisis de los resultados experimentales la posibilidad de discriminar entre una fuente de fotones entrelazados y una clásicamente correlacionada.

## FC-5 Comparisons between four different power spectrum of the CMB

Kozameh A<sup>1 2</sup>, Dominguez M<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Instituto de Astronomía Teórica y Experimental, Córdoba*

<sup>3</sup> *Instituto de Astronomía Teórica y Experimental, Observatorio Astronómico Córdoba, CONICET-UNC*

In the very early universe, the matter coupled with the radiation ,the matter - radiation era. The primordial fluctuations affected the temperature (2.73 K) of cosmic microwave background (cmb). Only in the case of the gaussian random, statistically isotropic temperature fluctuations will it contain the all statistic information. This fluctuations were measured on full sky, so we are going to use the Fourier - Transform to expand this fluctuacions in multipoles  $l$ . This variations are called the cosmic variance ,  $C_{ls}$ . We are to compute it with four different methods: a CAMB python code, Then we are going to create a cmb map of this  $C_{ls}$  using the healpy routine synfast. Here, we are going to compute the  $C_{ls}$  of the Smica cmb map with healpy routine anafast. Even with the existence of cleaned, full-sky maps the concern of residual contamination, particularly on the largest angular scales, remains. So, in that regions we

are compute the  $pseudoC_{l_s}$ . Finally we plot the  $D_{l_s} = C_{l_s} * l * (2l + 1) / [2\pi]$  versus  $l$  - the power spectrum of the cmb - and we conclude that the power spectrums coincide.

[1] Scott Dodelson and Fabian Schmidt, Modern Cosmology (2021)

[2] Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters (2018).arXiv:1807.06209v4

[3] David Alonso, Javier Sanchez, An?e Slosar .A unified pseudo-C? framework arXiv:1809.09603

[4] .Craig J. Copi et all. Lack of large-angle TT correlations persists in WMAP and Planck (2018). arXiv:1310.3831v3

## FC-6 Convergencia de Operadores en el Tratamiento de Imágenes

Rojas T A<sup>1</sup>, NIEVA J L<sup>1</sup>, Rodriguez R<sup>1</sup>, Vergara R<sup>1</sup>, Avellaneda T<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca

La utilización de la transformada de Fourier en las telecomunicaciones, en las señales y en el procesamiento de imágenes surge a partir de la naturaleza física de los fenómenos naturales y eléctricos y de su comportamiento, explicado a través de funciones periódicas o movimientos periódicos ondulatorios. Mediante la transformada de Fourier es posible obtener ondas discontinuas, específicamente útiles para modular señales/imágenes; el fundamento para su utilización radica en que mediante esta transformada discreta es posible transformar una señal/imagen del dominio tiempo o del espacio al dominio de la frecuencia, o su proceso inverso. En este trabajo se presentan algunos resultados.

## FC-7 Convergencia para Transformadas de Fourier y Laplace

Rojas T A<sup>1</sup>, NIEVA J L<sup>1</sup>, GANDINI G<sup>1</sup>, Zeballos P<sup>1</sup>, Herrera A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca

La convergencia del desarrollo en serie de Fourier, la acotación de operadores, la rapidez de convergencia de los operadores (Transformada de Fourier, Laplace) juegan un papel importante en soluciones de muchas ecuaciones y aplicaciones de la física-matemática, problema que tuvo sus inconvenientes en determinados espacios, desde el origen de las series de Fourier. En este trabajo se realiza un análisis y estudio de las condiciones que deben cumplir las funciones y los espacios con el fin de ver la convergencia en los espacios de medida

## FC-8 Correlaciones cuánticas en estados de cuasi-equilibrio preparados por RMN en sólidos.

Taboada J A<sup>1 2</sup>, González C C<sup>1</sup>, Segnorile H H<sup>1 2</sup>, Zamar R C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

En los sistemas *many-body* formados por espines nucleares en sólidos y cristales líquidos es posible, a través de la resonancia magnética nuclear (RMN), preparar estados que se comportan como casi-invariantes [1]. Dichos estados de no equilibrio, denominados comúnmente "orden dipolar" o "casi-equilibrio" (QE), son usualmente interpretados como estados termodinámicos, y caracterizados fenomenológicamente por una "temperatura de espín", que tiende a la temperatura del baño o ambiente cuando el sistema relaja finalmente al equilibrio térmico [2].

En estudios recientes [3], nuestro grupo demostró, desde primeros principios, que los sistemas de espines acoplados dipolarmente, y en presencia de un ambiente colectivo de bosones, presentan una evolución irreversible de un estado cuántico inicial (quench), debido al proceso de decoherencia cuántica adiabática. Este proceso conduce al operador densidad a una forma diagonal en la base preferida, y en una escala de tiempo compatible con la de la llegada al casi-equilibrio. De esta manera, un estado QE surge de la evolución cuántica natural a partir de una condición inicial. Dicho estado relaja finalmente al equilibrio térmico.

En este trabajo nos proponemos estudiar el contenido y la dinámica de la cuantización de un estado QE. Para ello utilizamos sistemas de sólidos hidratados y estudiamos la evolución del discord como una medida de la correlación cuántica [4], a lo largo de todo el proceso de termalización; esto es: (a) durante la decoherencia, en donde describimos a la dinámica del operador densidad con el mecanismo de la referencia [3], y (b) en el régimen de relajación, el cual es gobernado por la ecuación maestra markoviana de altas temperaturas [5]. Como resultado, obtenemos que en el régimen de decoherencia el discord refleja un comportamiento oscilatorio amortiguado de las correlaciones, hasta que alcanza un valor constante asociado con el estado QE. Por otro lado, en el régimen de relajación las correlaciones decaen monótonamente a cero, de forma compatible con un estado de equilibrio a campo alto. Además, se observa que los tiempos característicos del discord aumentan a medida que la temperatura aumenta, como consecuencia del acople entre los casi-invariantes "energía intrapar" y "singlete". Esto contrasta con el régimen de decoherencia, en donde la tasa de decoherencia es independiente de la temperatura. También se halló que, debido a la naturaleza diagonal en bloques de la matriz densidad en la base preferida, es posible reescribir a las correlaciones en términos de los valores de expectación de observables accesibles a través de un experimento de RMN. Se observa que, en general, la correlación cuántica y los valores de expectación de los casi-invariantes decaen con tasas diferentes.

El problema estudiado en este trabajo tiene características similares a los que se

plantean actualmente en el contexto de la equilibración y termalización cuántica de sistemas con varias constantes de movimiento? (quantum equilibration and thermalization) [6]. Asimismo, el análisis realizado permite comprender la fenomenología de la termodinámica de espín desde un punto de vista microscópico.

[1] C. J. Bonin, C. E. González, H. H. Segnorile, and R. C. Zamar, Evidence for several dipolar quasi-invariants in liquid crystals, *J. Of Chem. Phys.* 139, 144907 (2013).

[2] M. Goldman, *Spin Temperature and NMR in Solids*, (Clarendon, Oxford) 1970

[3] H.H. Segnorile, C.E. González and R.C. Zamar, Adiabatic quantum decoherence in many non-interacting subsystems induced by the coupling with a common boson bath, *Annals of Physics* 434 (2021) 168655.

[4] H. Ollivier, W.H. Zurek, Quantum Discord: A Measure of the Quantumness of Correlations, *Phys. Rev. Lett.* 88 017901 (2001)

[5] A. Abragam, *Principles of Nuclear Magnetism*, in: *International Series of Monographs on Physics*, Oxford University Press, 1983.

[6] M. Rigol, V. Dunjko and M Olshanii, Thermalization and its mechanism for generic isolated quantum systems, *Nature* 452, 854 (2008).

## FC-9 Decoherencia cuántica adiabática inducida por el acople con un baño de bosones en un sistema de particiones que interactúan por medio de un Hamiltoniano tipo Ising cuántico

Segnorile H<sup>1, 2</sup>, González C E<sup>1</sup>, Zamar R C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola (CONICET-UNC)*

En un trabajo reciente de los autores [1] se estudió la Decoherencia Cuántica Adiabática (DCA) en un sistema de particiones no interactuantes, acopladas a un ambiente de bosones, bajo la visión de sistemas cuánticos abiertos de muchos cuerpos ('many-body problem'). Dicho trabajo es una generalización del modelo spin-boson, dado que, aunque se tiene un Hamiltoniano de interacción sistema-ambiente que no posee interacciones entre las particiones del sistema, se incluye de manera explícita la correlación colectiva debida exclusivamente al acople con un ambiente bosónico común. Aun así, este modelo simple, y de solución exacta, presenta características de sistemas cuánticos abiertos de muchos cuerpos y permite observar los efectos en la dinámica cuando el sistema escala a un tamaño macroscópico. De esta manera, se obtuvo la expresión analítica para la dependencia temporal de los elementos de matriz del operador densidad del sistema observado (en la base preferida) sin asumir ninguna hipótesis de tipo 'coarse-graining'. La función de decoherencia irreversible resultante

es una exponencial compleja 'eigen-selectiva' cuyo exponente tiene una parte real que introduce un decaimiento similar al del modelo spin-boson. Por el contrario, la parte imaginaria del exponente depende de los números cuánticos y de la disposición geométrica de las particiones y no depende de la temperatura del sistema.

En este trabajo extendemos el modelo de [1], incorporando una interacción general inter-particiones del tipo Ising cuántico. Como resultado, obtenemos una expresión para la función de DCA que posee las mismas características que en el modelo no-interactuante, pero cuya exponencial compleja es selectiva tanto en los eigen-valores del Hamiltoniano de interacción propio de cada partición como del Ising. Además, la función de decoherencia para la matriz densidad reducida puede escribirse como el producto de un factor que decae irreversiblemente, similar al caso anterior pero que incluye también una dependencia con los parámetros de la interacción Ising, y de otro factor que decae reversiblemente. El mecanismo de decoherencia reversible proviene del Hamiltoniano Ising cuántico y está asociado con una interacción de tipo 'campo medio' entre particiones, sin contribución del ambiente y con una dinámica propia de los sistemas cerrados.

Igual que en [1], motivados por la decoherencia presente en experimentos de RMN en sólidos, aplicamos los resultados teóricos para estudiar la dinámica de particiones de pares de espines dipolares y en contacto con un baño de fonones. En particular, el modelo propuesto es adecuado para el caso en que la interacción dipolar inter-par es mucho más pequeña que la intra-par, por lo que se calculó la función de decoherencia en dicho caso y utilizando los parámetros físicos típicos de las sales hidratadas. Se obtuvo una estimación de los tiempos característicos de decoherencia como función de las constantes físicas del sistema, particularmente de la velocidad del sonido y del ancho de la distribución de los eigen-valores. En este trabajo y en [1] el factor de fase de la función de decoherencia es el principal mecanismo que gobierna a la dinámica, el cual depende de la distribución de los eigen-valores a través de toda la muestra y eclipsa al mecanismo asociado con el estado térmico del baño. En el caso estudiado, la función de decoherencia irreversible de la matriz densidad reducida puede descomponerse en dos factores, uno que introduce el mismo decaimiento Gaussiano que en [1] y que es selectivo en los eigen-valores del Hamiltoniano dipolar intra-par, y otro que decae más lentamente con un perfil Lorentziano y que es selectivo en los eigen-valores del Hamiltoniano dipolar inter-par (el término Ising de dicho Hamiltoniano).

Finalmente, describimos la decoherencia en un experimento de 'eco mágico' o de reversión en RMN. Encontramos que la correlación sistema-ambiente no solo explica el origen de la irreversibilidad observada, sino que también reproduce el valor del tiempo de decaimiento y la dependencia con la frecuencia dipolar para todo el rango medido de dicha frecuencia [2].

[1] H.H. Segnorile, C.E. González, and R.C. Zamar, *Annals of Physics* 434 (2021) 168655

[2] F.D. Domínguez, R.C. Zamar, H.H. Segnorile, and C.E. González, *Phys. Rev. B* 95 (2017) 224423

## FC-10 Efectos de la decoherencia en dinámicas escaledas

Sánchez C M<sup>1</sup>, Chattah A K<sup>1 2</sup>, Pastawski H M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

Estudio de los efectos de la decoherencia en los estados de sistemas de espines correlacionados mediante la implementación de una variedad de ecos de Loschmidt (LE) [1,2]. Un LE implica un procedimiento de inversión de la dinámica en un sistema de espines para evaluar el efecto de las perturbaciones. Las mediciones se implementan como magnetizaciones en un experimento de Resonancia Magnética Nuclear en sólidos. Actualmente, estamos trabajando en un esquema experimental basado en desarrollos de Floquet, creado particularmente para modificar y escalear la intensidad de interacción en un Hamiltoniano dipolar y de coherencias dobles. A partir de un estado inicial no correlacionado, tenemos la posibilidad de modificar la escala de tiempos de correlación del sistema de espines,  $T_2$ , y verificar como afecta al tiempo  $T_3$  que representa la escala de pérdida de señal. Encontramos un tiempo de decoherencia  $T_3$  que se presenta como independiente de perturbaciones, ligado al tiempo de la dinámica,  $T_2$ .

[1] CM Sánchez, et al, *Phys. Rev. A* 105, 052232 (2022)

[2] CM Sánchez et al. *Phys. Rev. Lett*, 124, 030601 (2020).

## FC-11 Efectos de la interacción espín-órbita en cadenas de quantum dots bajo dinámicas adiabáticas

Rus M E<sup>1</sup>, Gómez S S<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (CONICET - Universidad Nacional del Nordeste)*

La manipulación y transferencia controlada de estados cuánticos en sistemas de quantum dots es un tema relevante para aplicaciones relacionadas al procesamiento y

transporte de información cuántica. Existen diversos sistemas y protocolos propuestos que, mediante técnicas de atajos a la adiabaticidad, resultan candidatos prometedores como métodos de transporte de información, por ejemplo, las cadenas de quantum dots bajo la acción de campos externos. Sin embargo, es importante tener en cuenta los efectos de decoherencia que perjudican dicha transmisión, como la interacción espín-órbita (SO). En este trabajo se analiza cómo afecta dicha interacción al protocolo adiabático propuesto para una cadena lineal de quantum dots perturbada por un campo eléctrico dependiente del tiempo. Se estudia particularmente la probabilidad de transmisión de un estado de un extremo a otro y cómo se ve afectada la misma al considerar efectos de SO.

## FC-12 El entrelazamiento cuántico entre pares de excitaciones de orbitales moleculares como origen de conductas del acoplamiento indirecto entre espines nucleares

Bajac D F E<sup>1, 2</sup>, Aucar G A<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (CONICET - Universidad Nacional del Nordeste)

<sup>2</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.

Recientemente se propuso al entrelazamiento cuántico entre pares de excitaciones virtuales como el origen de la dependencia del acoplamiento indirecto entre espines nucleares  $J$  y el ángulo diedro entre pares de enlaces. [1] Resulta ser el fenómeno responsable de la ecuación de Karplus [1], una regla empírica que describe la variación de  $J$  entre dos núcleos como función del ángulo diedro.[2] Para calcular el entrelazamiento entre pares de orbitales moleculares (OM) se utiliza un operador densidad escrito en función de la inversa del propagador principal. Este es uno de los operadores constitutivos de la teoría de propagadores de polarización, el formalismo que permite tanto obtener resultados precisos como conocer la física que está detrás de la respuesta molecular a perturbaciones externas. El propagador principal describe cómo se transmiten las excitaciones provocadas por dichas perturbaciones.

En este trabajo se presentan resultados de cálculos de acoplamientos utilizando OM localizados (OML), tanto ocupados como virtuales, mediante el método CLOPPA [3] a nivel de aproximación RPA, para los mecanismos dependientes (FC y SD) e independiente (PSO) del espín electrónico. Se eligieron los compuestos  $C_2H_4F_2$  y  $C_2H_2F_4$ , para estudiar los caminos de acoplamiento entre los núcleos de flúor e hidrógeno, respectivamente, así como el entrelazamiento entre las excitaciones que más contribuyen a los diferentes mecanismos. Ambos compuestos evidencian contribuciones PSO y SD no despreciables y no presentan simetrías en la geometría molecular al variar el ángulo diedro.

[1] C. Giribet y G. Aucar L. Millán. In: Phys. Chem. Chem. Phys. 20 (2018), pp. 248327-24842. [2] JC. Giribet y G. Aucar L. Millán. In: J. Chem. Phys. 153 (2020), p. 221101. [3] G. A. Aucar, M. Ruiz de Azúa and C. G. Giribet, High Resolution NMR Spectroscopy: Understanding Molecules and their Electronic Structures, Elsevier, Amsterdam, 2013

## FC-13 Entrelazamiento de muchos cuerpos en sistemas de componentes indistinguibles

Cianciulli A<sup>1</sup>, Rossignoli R D<sup>2 3</sup>, Di Tullio M<sup>1</sup>, Gigena N<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física La Plata, UNLP, CONICET, Facultad de Ciencias Exactas, 1900, La Plata, Argentina

<sup>2</sup> Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET

<sup>3</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

Se introduce una representación bipartita general de un estado puro arbitrario de  $N$  partículas indistinguibles, basada en estados de  $M$  y  $N - M$  partículas, aplicable tanto a sistemas fermiónicos como bosónicos. La representación está directamente vinculada con las matrices densidad reducidas de  $M$  y  $N - M$  cuerpos, y origina una descomposición de Schmidt asociada. El concepto de entrelazamiento de  $M$  cuerpos emerge naturalmente del formalismo y generaliza el entrelazamiento de un cuerpo. Se analiza luego el entrelazamiento de 1 y dos cuerpos en el estado fundamental de sistemas con interacciones de apareamiento, en los que se destaca el surgimiento de un autovalor dominante en la matriz densidad de dos cuerpos. La relación del espectro de esta matriz con la correspondiente descomposición bipartita del estado permite el desarrollo de una aproximación precisa del mismo en base a un conjunto reducido de términos colectivos.

## FC-14 Entrelazamiento sistema-tiempo en caminatas cuánticas

Boette A<sup>1</sup>, Lomoc F<sup>1</sup>, Canosa N<sup>1</sup>, Rossignoli R<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET

<sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

Se analiza el entrelazamiento del estado historia asociado a caminatas aleatorias cuánticas. Este entrelazamiento es una medida del número de estados ortogonales visitados en la caminata. Para el sistema completo, se demuestra que este entrelazamiento es independiente de la orientación inicial del espín para una amplia clase de estados iniciales de posición pero dependiente del parámetro de la moneda. Se

deriva también una expresión analítica para este entrelazamiento, mostrando que está directamente vinculado con el entrelazamiento del operador que genera la evolución y el *poder entrelazante* del mismo, vía el isomorfismo de Choi-Jamiolkowski. Asimismo, se demuestra que la evolución del subsistema de espín queda también descrito por un estado historia asociado a un reloj extendido. En forma similar, se encuentra que el entrelazamiento correspondiente, es acotado por el entrelazamiento del operador unitario de espín que genera dicha historia.

### FC-15 Ergodicity breaking in an incommensurate system observed by OTOCs and Loschmidt Echoes: From quantum diffusion to sub-diffusion.

Lozano Negro F S<sup>1, 2</sup>, Zangara P R<sup>2, 1</sup>, Pastawski H M<sup>2, 1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba

<sup>2</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC

The metal-insulator transition (MIT), which includes Anderson localization and Mott insulators as extreme regimes, has received renewed interest as the many-body effects often constitute a limitation for the handling of quantum interference. This resulted in the field dubbed many-body localization (MBL), intensively studied theoretically and experimentally as understanding the appearance of equilibration and thermalization becomes relevant in dealing with finite systems. Here, we propose a new observable to study this transition in a spin chain under the “disorder” of a Harper-Hofstadter-Aubry-André on-site potential. This quantity, which we call zeroth-order gradient entanglement (ZOG) is extracted from the fundamental Fourier mode of a family of out-of-time-ordered correlators (OTOCs). These are just Loschmidt Echoes, where a field gradient is applied before the time-reversal. In the absence of many-body interactions, the ZOG coincides with the inverse participation ratio of a Fermionic wave function. By adding an Ising interaction to an XY Hamiltonian, one can explore the MBL phase diagram of the system. Close to the critical region, the excitation dynamics is consistent with a diffusion law. However, for weak disorder, quantum diffusion prevails while for strong disorder the excitation dynamics is sub-diffusive.

### FC-16 Estudio de fases geométricas en el modelo de Jaynes-Cummings disipativo en circuitos cuánticos.

Rodríguez M B<sup>1</sup>, Viotti L<sup>2</sup>, Lombardo F<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Departamento de Física, FCEyN, UBA

El objetivo general es el estudio de la robustez y correcciones que se generan en la fase geométrica de un sistema cuántico cuando se encuentra en interacción con un entorno. En particular, es objeto de estudio el caso de un átomo dentro de una cavidad con pérdidas (modelo de Jaynes-Cummings disipativo). Planteamos este análisis de la fase geométrica en una arquitectura de circuitos cuánticos donde efectivamente es posible detectarla y hacer control sobre dicha fase. Es necesario conocer el origen de las correcciones a la fase geométrica para distintos sistemas cuánticos y tipos de entornos en el marco de los sistemas cuánticos abiertos.

## FC-17 Integrales de Feynman a partir de acciones cuánticas en el espacio tiempo

Diaz N<sup>1</sup>,Matera J M<sup>1</sup>,Rossignoli R<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física, Facultad de Cs. Exactas, Universidad Nacional de La Plata

<sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), La Plata (1900), Arge

Presentamos una formulación en espacios de Hilbert-espacio-tiempo de las "Path Integrals"(PI) de Feynman [1]. La misma se basa en una estructura de producto tensorial en el tiempo y en un operador de acción cuántico [2] que actúa en el espacio ampliado. En este último, la "suma sobre historias" usual queda identificada con una traza cuya evaluación en distintas bases extendidas provee distintas representaciones de PIs. Surgen naturalmente nuevos resultados y perspectivas, incluyendo discretizaciones exactas, un acercamiento no trivial al límite continuo y un tratamiento en espacio de Hilbert de simetrías en el espacio tiempo. A través de una invarianza general de escala temporal [1], también emerge una equivalencia entre trazas extendidas y valores de expectación en estados-espacio-tiempo [2,3].

[1] Diaz, N. L., J. M. Matera, and R. Rossignoli. "Path Integrals from Spacetime Quantum Actions." arXiv preprint arXiv:2111.05383 (2021).

[2] Diaz, Nahuel Luciano, Juan Mauricio Matera, and R. Rossignoli. "Spacetime quantum actions." Physical Review D 103.6 (2021)

[3] Diaz, Nahuel Luciano, Juan Mauricio Matera, and R. Rossignoli. "History state formalism for scalar particles." Physical Review D 100.12 (2019)

## FC-18 Integrales Singulares y Convergencia

Rojas T A<sup>1 2</sup>,NIEVA J<sup>1</sup>,Bizotto A<sup>1</sup>,DENETT A<sup>1</sup>,Avila C F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca

<sup>2</sup> CREAS CONICET

El objetivo del presente es analizar los operadores usados en las integrales singulares y su aplicación al estudio de la convergencia del desarrollo en serie de Fourier

en espacios de funciones integrables en espacios de Lebesgue. Para ello se analiza la teoría de integrales singulares desarrollada por Calderon-Zygmund y sus aplicaciones a la convergencia en serie de Fourier, mostrando como resultado una desigualdad importante que es muy útil en la demostración de la convergencia en espacios de Lebesgue.

## FC-19 Probabilidades negativas y contextualidad.

Monchietti E<sup>1</sup>, Holik F<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>2</sup> *Instituto de Física La Plata ? IFLP, CONICET-CCT La Plata, (1900) La Plata, Argentina*

Históricamente, las probabilidades negativas (o cuasiprobabilidades) han dado lugar a profundos debates en los fundamentos de la física cuántica [1,2,3]. Encuentran aplicaciones en óptica cuántica [4] y en teoría de la información cuántica [5]. En este trabajo discutimos acerca de un abordaje a las probabilidades negativas basado en teoría de la medida [6]. Se basa en una definición que no depende de ninguna representación en espacios de Hilbert, y que incorpora la noción de contexto de forma natural. Mostramos aplicaciones de esta medida en distintos ejemplos de interés y estudiamos sus propiedades en relación al problema de cuantificar la contextualidad en tareas de procesamiento de información cuántica.

[1] R. P. Feynman. ?Negative Probability?. In *Quantum Implications: Essays in Honour of David Bohm*; Routledge Kegan Paul Ltd.: London, UK; New York, NY, USA, 1987, pp. 235-248.

[2] R. W. Spekkens. ?Negativity and Contextuality are Equivalent Notions of Non-classicality?, *Phys. Rev. Lett.* 101, 020401, 2008.

[3] S. Abramsky and A. Brandenburger. ?The sheaf-theoretic structure of non-locality and contextuality?, *New Journal of Physics*, 13, 113036, 2011.

[4] K. E. Cahill and R. J. Glauber. ?Density Operators and Quasiprobability Distributions?, *Physical Review* 177 (5), 1882-1902, 1969.

[5] C. Ferrie. ?Quasi-probability representations of quantum theory with applications to quantum information science?, *Reports on Progress in Physics*, Volume 74, Number 11, 116001, 2011.

[6] J. A. de Barros and F. Holik. ?Indistinguishability and Negative Probabilities?, *Entropy*, 22(8), 829, 2020.

## FC-20 Relaciones de reciprocidad cuánticas

Pujol J M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de La Plata, Dpto. de Física, FCE - UNLP*

Estudiamos diferentes relaciones de reciprocidad en sistemas cuánticos, en función de distintas medidas cuantificadoras de información e incerteza y para distintos tipos de estados cuánticos. Previamente se han establecido relaciones de incerteza como desigualdades no solo en términos de momentos, como la varianza o momentos generales, sino también basadas en la entropía informacional de Shannon o extensiones de esta, así como en otras medidas informacionales o geométricas. Aquí analizamos una desigualdad recientemente propuesta entre fluctuaciones de las funciones de onda, que emplea como medida las constantes de Lipschitz de dichas funciones en las representaciones de posición e impulso; discutimos que los autores hallan un límite inferior para ciertos tipos de funciones, aunque no es válido en el caso general. En nuestro trabajo consideramos desigualdades alternativas de incerteza. En particular, para los observables de posición e impulso observamos la existencia de relaciones de reciprocidad utilizando como medida la información de Fisher, que da una noción más adecuada de las fluctuaciones de una distribución. Adicionalmente, estudiamos relaciones en sistemas en dimensión finita para lo cual empleamos un equivalente de la información de Fisher para distribuciones discretas, así como la entropía de Shannon. Tomando como bases recíprocas las llamadas MUBs, encontramos que la información de Fisher no puede ser simultáneamente nula en todas las MUBs, lo que se manifiesta en un límite inferior para la suma de la información en cada MUB; observamos un comportamiento similar al computar la entropía. Este tipo de análisis nos permite, además, mostrar una diferencia en el comportamiento entre estados producto y estados entrelazados. Nuestro trabajo [1,2] pretende aportar diferentes desigualdades que dan cuenta de la noción de incerteza o incompatibilidad en sistemas cuánticos.

[1] J.M. Pujol, Relaciones de reciprocidad cuánticas, Trabajo de Diploma de la Licenciatura en Física, FCEX, UNLP (03/2022). [2] M. Portesi, J.M. Pujol, F. Holik, Reciprocity relations for quantum systems based on Fisher information, enviado (2022).

## FC-21 Rol de la indistinguibilidad cuántica en la estimación de una fase interferométrica

Bosyk G M<sup>1</sup>, Knoll L<sup>2</sup>, Magnoni A<sup>2</sup>, Larotonda M<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física La Plata, CONICET-UNLP, La Plata

<sup>2</sup> Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CITEDEF) - UNIDEF - CONICET

Presentamos un estudio teórico y experimental sobre el rol que juega la indistinguibilidad cuántica en la estimación de una fase interferométrica. Por una lado, demostramos teóricamente que la información cuántica de Fisher, que limita la máxima precisión alcanzable en la estimación de parámetros, aumenta linealmente con respecto al grado de indistinguibilidad entre los fotones de entrada en un interfe-

rómetro de dos puertos, en el caso ideal de un estado sonda puro. Por otro lado, analizamos experimentalmente el caso de un interferómetro de dos fotones basado en polarización, donde el grado de indistinguibilidad se caracteriza por la superposición entre dos modos espaciales. Observamos que, incluso en presencia de ruido blanco, se puede obtener una mejora cuántica en la estimación de fase interferométrica a partir de un grado mínimo de indistinguibilidad cuántica. Nuestros resultados apoyan el hecho de que la indistinguibilidad es un recurso para la metrología cuántica.

## FC-22 **Señales y Transformadas de Fourier y Laplace**

Rojas T A<sup>1</sup>, NIEVA J<sup>1</sup>, Peralta J<sup>1</sup>, Avellaneda T<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca*

En este trabajo se realiza un estudio de los operadores transformadas de Fourier y Laplace y la teoría de las funciones integrables y su aporte al desarrollo de filtros y al problema de la Convergencia de los desarrollos de Fourier en espacios de Lebesgue

## FC-23 **Separabilidad generalizada en sistemas de muchos cuerpos**

Petrovich F<sup>1</sup>, Rossignoli R<sup>1 2</sup>, Canosa N<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET*

<sup>2</sup> *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires*

Se examina el problema de la separabilidad del estado fundamental exacto en sistemas cuánticos fuertemente interactuantes. Se derivan condiciones totalmente generales de separabilidad y su formulación en términos de ecuaciones de pares y de matrices de covarianza, tanto para sistemas de componentes distinguibles como indistinguibles. El formalismo se aplica en primer término a la determinación de soluciones totalmente factorizadas en sistemas de  $n$  niveles con simetría  $SU(n)$ , donde se obtienen condiciones analíticas de separabilidad, que generalizan resultados previos para sistemas de espines. Se muestra que estos estados fundamentales separables no triviales rompen simetrías fundamentales del Hamiltoniano y están asociados a puntos críticos cuánticos donde el estado fundamental posee una degeneración excepcional. Se investiga asimismo la aplicación del formalismo a la determinación de soluciones exactas factorizadas de a pares, obteniéndose nuevos resultados analíticos en sistemas de espines.

## FC-24 **Simulación en el espacio de fase de un ion atrapado acoplado dispersivamente a una cavidad**

## óptica

Kahan A<sup>1</sup>, Ermann L<sup>2, 3</sup>, Saraceno M<sup>2, 3</sup>, Cormick C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

<sup>2</sup> *Departamento de Física Teórica, GlyA, CAC - CNEA*

<sup>3</sup> *CONICET*

En este trabajo estudiamos un sistema de un ion en una trampa armónica acoplado a un modo de una cavidad óptica. Nos concentramos en el régimen dispersivo, en el cual los grados de libertad electrónicos pueden ser eliminados dando lugar a un sistema optomecánico, acoplado el campo de la cavidad a la posición del ion. Consideramos un sistema tal que una descripción semiclásica da lugar a configuraciones de equilibrio claramente diferenciadas en los límites de bombeo fuerte y débil, mientras que para bombeo intermedio el mapa dinámico tiene más de un punto fijo, correspondiendo a coexistencia de los dos tipos de soluciones. Esta descripción semiclásica, sin embargo, no es válida en la cercanía de las transiciones del sistema, y es en este rango de parámetros donde analizamos propiedades del estado asintótico que puedan mostrar características de la biestabilidad clásica, estudiando la evolución aproximada en el espacio de fases del estado del sistema. Esto a su vez nos permite extraer conclusiones sobre el régimen de validez de la evolución en el espacio de fases, comparando con resultados previos obtenidos mediante diagonalización exacta del generador, y estimar tiempos de relajación al estado estacionario a lo largo de la transición entre los dos tipos de soluciones clásicas.

FC-25

## Termometría local en cristales de iones

Bonetto M<sup>1</sup>, Nuñez Barreto N<sup>1</sup>, Cormick C<sup>2</sup>, Schmiegelow C<sup>1, 3</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Iones y Átomos Fríos - Departamento de Física - FCEyN, UBA*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

<sup>3</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires*

El alto nivel de control que ofrecen las plataformas de iones atrapados permite usarlas como una herramienta para la simulación de sistemas físicos cuánticos y clásicos. Un área de interés es el estudio de transporte en los grados de libertad vibracionales de un cristal de iones, que requiere de mediciones para estimar la temperatura local en los cristales. En este trabajo presentamos nuestro avance en termometría de iones en una trampa de Paul. Comparamos tres métodos distintos de enfriado y su termómetro asociado, analizando la eficiencia, posibilidad de implementación en nuestro sistema y su aptitud para experimentos de transporte, mediante análisis numérico. Mostramos los avances de termometría por atrapado coherente de población de un ion y primeros resultados en varios iones.

# FÍSICA MÉDICA

## Charlas

Martes 27 de septiembre

14:00-14:12

Salón de Actos

### Termometría óptica en la microescala para un cultivo primario de astrocitos

Díaz Celauro L<sup>1</sup>, Rosato Siri V<sup>2</sup>, Marpegan L<sup>2</sup>, Martínez E<sup>3</sup>, Aguilar A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Departamento de Física Medica, Centro Atómico Bariloche, CNEA, CONICET

<sup>3</sup> Dispositivos y Sensores, Instituto de Nanociencia y Nanotecnología nodo CAB, CNEA-CONICET

En el presente trabajo, se evalúa la aplicación del método de termometría óptica mediante la utilización de nanopartículas de upconversion (UCNPs) en el estudio de las propiedades térmicas de una red de astrocitos. Junto a las UCNPs, se estudian nanoestrellas de oro (NS) para estimular térmicamente a la red en micro escala espacial controlada. Se procede a la caracterización de las UCNPs y NS en las condiciones en las que se ensayarán las células.

Se concluye que la termometría óptica de las UCNPs es un método uniforme y de buena resolución espacial, temporal y en temperatura. La precisión de la temperatura depende de la resolución de las UCNPs, y se puede mejorar aumentando el tiempo de adquisición, cambiando el tamaño de las UCNPs o acotando el rango de temperaturas a trabajar.

Las NS son capaces de generar un cambio de temperatura medible por el sistema de las UCNPs. El curso temporal del calentamiento puede cambiar dependiendo del medio que se ensaya, de la densidad de las NS y del tiempo y potencia de la estimulación.

**Contacto:** Lucas Díaz Celauro, lucas.diaz@ib.edu.ar **Código Identificador:** 8992

14:12-14:24

Salón de Actos

## Metodología basada en inteligencia artificial para dosimetría interna a nivel paciente-específico

Scarinci I<sup>1 2</sup>, Valente M<sup>1 2 3</sup>, Pérez P<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola (IFEG) - CONICET - Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup> Laboratorio de Investigación en Instrumentación en Física Aplicada a la Medicina e Imágenes por Rayos X (LIIFAMIRx) - FAMAFA - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

<sup>3</sup> Centro de Física e Ingeniería en Salud (CFIS) & Departamento de Ciencias Físicas - Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

Cuerpo vacío El cáncer es hoy la segunda causa de muerte a nivel global, sólo antecedida por las enfermedades cardiovasculares, y las técnicas que utilizan radiación ionizante constituyen una de las principales herramientas para su tratamiento. En particular, la medicina nuclear ha mostrado un alto impacto tanto en el diagnóstico como en el tratamiento de este tipo de enfermedades. El avance de la nueva metodología integrada denominada teranóstica, la que permite obtener imágenes al mismo tiempo en el que se lleva a cabo el tratamiento terapéutico, ha abierto un gran abanico de posibilidades y potencialidades, particularmente en la mejora de la capacidad de planificación y posterior evaluación de estos. En este contexto, se han desarrollado diferentes métodos para la estimación de la dosis recibida por el paciente, entre ellos por simulaciones Monte Carlo, convolución de kernels puntuales (DPK) y factores S. En este trabajo, se muestran avances en el desarrollo de un modelo a nivel paciente específico, utilizando técnicas de inteligencia artificial aplicadas a la segmentación y el cálculo dosimétrico en las cuales se aprovecha la capacidad de generar imágenes tanto previas como posteriores a la aplicación del tratamiento.

**Contacto:** Ignacio Scarinci, ignacio.scarinci@gmail.com **Código Identificador:** 9012

14:24-14:36

Salón de Actos

## Simulaciones básicas en PET-CT

Taube M<sup>1 2 3</sup>, Sciotto S J<sup>4 2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones y Transferencia Santa Cruz CONICET

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata

<sup>3</sup> Centro de Medicina Nuclear y Radioterapia de la Patagonia Austral

<sup>4</sup> Instituto de Física de La Plata, CONICET

En los últimos años los estudios con los equipos PET-CT han ayudado a los diagnósticos médicos. La investigación para perfeccionar los procedimientos de adquisición de datos y reconstrucción es de gran importancia para el mejoramiento de la capacidad

diagnóstica de estos estudios. Es por ello que, en el marco de un plan de doctorado, trabajamos con el objetivo de desarrollar un software de simulación completo abarcando distintas etapas. La primera etapa consiste en realizar simulaciones de los procesos de interacción entre radiación y materia con el programa FLUKA adicionando con rutinas de desarrollo propio. En esta primera etapa hemos considerado un equipo PET-CT ideal con el fin de obtener información comparativa sobre las limitaciones físicas que tiene el equipo real. La simulación va completada con el análisis de los datos, la realización de un sinograma, y por último, la reconstrucción de la imagen. En este trabajo se discute el estado del desarrollo del software y se comentan algunos primeros resultados.

**Contacto:** Malena Taube, male\_taub@hotmai.com **Codigo Identificador:** 8538

14:36-14:48

Salón de Actos

## Metodología combinada de simulación para una caracterización completa de los efectos de la radiación ionizante en dispositivos de detección

Martin N E<sup>1 2</sup>, Valente M<sup>1 2 3</sup>, Sofo Haro M<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola

<sup>2</sup> Laboratorio de Investigación e Instrumentación en Física Aplicada a la Medicina e Imágenes por Rayos X (LIIFAMIRx), Universidad Nacional de Córdoba, M. Allende s/n, Córdoba, Argentina.

<sup>3</sup> Centro de Física e Ingeniería en Medicina -CFIM, Universidad de La Frontera, Chile

<sup>4</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

Los dispositivos de detección de radiación ionizante han sido ampliamente utilizados en los últimos años en diversas aplicaciones y campos experimentales como son las áreas de la física de altas energías, física nuclear e imágenes médicas. La descripción de su funcionamiento y la caracterización en simulaciones ante la radiación ionizante son necesarias para comprender las características que presentan en términos de eficiencia, resolución y relación señal ruido, ya que permiten optimizar parámetros que luego utilizarán para realizar diferentes desarrollos y avances en los mismos. Estas simulaciones se llevan a cabo de forma rutinaria utilizando diversas herramientas, por ejemplo para el estudio de la interacción de la radiación con el detector teniendo en cuenta los procesos físicos, se utilizan herramientas Monte Carlo como PENELOPE, FLUKA o GEANT4. Sin embargo, por otro lado, el transporte de pares electrón/hueco generados a través del dispositivo para la formación de señales electrónicas se utilizan herramientas comerciales, (Tecnología de Diseño Asistido por Computadora o TCAD),

desarrolladas para ayudar a la industria microelectrónica a crear sus productos, como SENTAURUS. Por lo que, no existiendo aún herramientas que permitan describir el funcionamiento de estos dispositivos de forma completa, en este trabajo se propone desarrollar una metodología que permita combinar los dos enfoques mediante el cual se pueda rastrear paso a paso el flujo de simulación completo, desde la interacción de la radiación ionizante con el sensor hasta el transporte de la carga generada a los fotodiodos y, finalmente, a la generación de señales electrónicas. Las herramientas de simulación física que se eligieron son PENELOPE [1] para la interacción de radiación ionizante y SENTAURUS-TCAD [2] para el transporte de carga y generación de señal.

**Palabras claves:** modelado y simulaciones de detectores, técnicas Monte Carlo, herramientas TCAD.

### Referencias

- [1] NEA. PENELOPE 2018: A code system for Monte Carlo simulation of electron and photon transport: Workshop Proceedings (OECD Publishing, 2019).  
[2] SENTAURUS Device User Guide, Version A-2008-09, Synopsys, September 2009, <http://www.synopsys.com/home.aspx>

**Contacto:** Nicolas Eugenio Martin, [nemg93@gmail.com](mailto:nemg93@gmail.com) **Codigo Identificador:** 8582

14:48-15:00

Salón de Actos

## Tetraborato de magnesio como posible dosímetro radioluminiscente

Marcazzó J<sup>1</sup>, Molina P<sup>1</sup>, Ortega F<sup>1</sup>, Santiago M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física Arroyo Seco ? IFAS (UNCPBA) and CIFICEN (UNCPBA-CICPBA-CONICET), Pinto 399, (7000) Tandil, Argentina*

La radioluminiscencia (RL) es la emisión luminiscente de un dieléctrico mientras se lo irradia con radiación ionizante. La RL se observa cuando parte de los electrones que son excitados por dicha radiación ionizante, relajan a través de transiciones radiativas emitiendo luz. A estos materiales se los conoce como centelladores y en general, la emisión de luz es proporcional a la tasa de dosis absorbida por el centellador. Por este motivo ha generado interés la aplicación de la RL en dosimetría.

En cuanto a la aplicación de esta técnica en dosimetría personal, se ha observado que un gran número de materiales centelladores suelen presentar una sub- o sobre-respuesta comparada con la dosis real depositada en el tejido blando debido a que estos materiales no son tejido-equivalentes (T-E), dificultando así su aplicabilidad en

forma directa. Es por ello que la investigación de materiales T-E radioluminiscentes con interés en dosimetría sigue siendo una rama de estudio en continuo desarrollo.

En este trabajo se caracterizó la RL del tetraborato de magnesio dopado con disprosio ( $\text{Mg}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Dy}$ , T-E) y se evaluó su respuesta RL tanto en función del método de fabricación (se probaron dos métodos diferentes) como en función de la concentración de dopado utilizado en las muestras. Finalmente, se discute su posible utilización como dosímetro.

**Contacto:** Salvador Julián Marcazzo, [jmarcass@exa.unicen.edu.ar](mailto:jmarcass@exa.unicen.edu.ar) **Código Identificador:** 8911

15:00-15:12

Salón de Actos

## Respuesta anómala en la termoluminiscencia del BeO

Caputo F<sup>1</sup> <sup>2</sup>, Marcazzo J<sup>1</sup> <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Arroyo Seco - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

El Óxido de Berilio ( $\text{BeO}$ ), es un material dieléctrico luminiscente ampliamente utilizado en dosimetría de radiaciones ionizantes. Este óxido, posee un número atómico efectivo de  $Z_{\text{eff}} = 7.21$  (el tejido blando del cuerpo humano un  $Z_{\text{eff}} = 7.22$ ), lo que los hace perfecto para el uso de detección de radiaciones ionizantes en dosimetría personal. Este material ha sido ampliamente estudiado, tanto sus propiedades luminiscentes como dosimétricas e incluso modeladas y caracterizadas la mayoría de ellas.

Entre las propiedades luminiscentes más importantes, se han estudiado la radioluminiscencia (RL), la termoluminiscencia (TL) y la luminiscencia estimulada ópticamente (OSL), entre otras, y se han evaluado dichas propiedades ante diferentes fuentes de radiación, entre las que podemos citar, rayos x, radiación alfa, beta y gama. Sin embargo, para nuestro conocimiento, no se ha reportado ningún estudio sobre la luminiscencia estimulada del  $\text{BeO}$  cuando el material es expuesto a diferentes fuerzas mecánicas, cómo pueden ser golpes, deformaciones, frotaciones o fracturas, propiedad recientemente observada en mediciones preliminares.

En este contexto, es el objetivo de este trabajo estudiar y caracterizar dichas propiedades.

**Contacto:** Francisco Caputo, [fcaputo@alumnos.exa.unicen.edu.ar](mailto:fcaputo@alumnos.exa.unicen.edu.ar) **Código Identificador:** 9233

15:12-15:24

Salón de Actos

## Análisis de la rigidez en lesiones tumorales de próstata e hígado mediante MRE

Alcalá Marañón R N<sup>1 2 3</sup>, Gonzalez Padín T<sup>2 1 4</sup>, Moyano N<sup>2 1 4</sup>, del Popolo P<sup>2 4</sup>  
<sup>1</sup>, Lisazo C<sup>2 1 4</sup>, Massaccesi N<sup>2 1 4</sup>, Lombardo C<sup>3 2 1</sup>, Gonzalez N. F<sup>2 5 6 4</sup>, Isoardi R<sup>6</sup>  
<sup>4 3 2 5</sup>, Fino V. D<sup>6 3 2 1</sup>

<sup>1</sup> *Fundación Argentina para el Desarrollo en Salud*

<sup>2</sup> *Fundación Escuela de Medicina Nuclear, CNEA-UNCU*

<sup>3</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>4</sup> *Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza*

<sup>5</sup> *Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>6</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

El objetivo de este trabajo es analizar la viabilidad de la elastografía por resonancia magnética (MRE) para la identificación y caracterización de tumores de hígado y próstata utilizando mapas de cuantificación de rigidez ( $\mu$ ). Con ese fin, se utilizó un protocolo multiparamétrico (que incluía MRE) para generar, comparar y evaluar mapas  $\mu$ . Los resultados arrojaron diferencias significativas entre tejido normal y tumoral; en tanto, los mapas de confianza aseguraron mediciones acordes a la respuesta mecánica esperada en los tejidos.

La elastografía por resonancia magnética (MRE) es utilizada para estimar la rigidez en los tejidos. En MRE, un transductor (driver) de excitación mecánica es aplicado sobre el paciente, generando ondas longitudinales periódicas que se propagan mediante vibraciones armónicas atravesando los tejidos. Estas ondas son codificadas en imágenes de fase y magnitud con las que se genera el mapa de rigidez mediante la estimación de la dinámica de las ondas de propagación.[1]

El estudio prospectivo, aprobado por el Comité de Ética de la Investigación, incluyó 94 pacientes, durante un periodo de 4 años. El estudio incluyó pacientes derivados a la institución para realizarse un protocolo mpMRI de próstata (niveles incrementados de PSA) o hígado (caracterización de lesiones de hígado focales, FLL) utilizando un escáner PET/RM de 3.0T General Electric que incluía una secuencia de MRE [2]. Las lesiones prostáticas fueron caracterizadas mediante el criterio PI-RADS v2 (PR) y las FLL fueron estudiadas basándose en las guías del LI-RADS v2018 (LI).

Un médico radiólogo independiente (5 años de experiencia en MRE), evaluó los estudios y otro radiólogo trazó manualmente las regiones de interés (ROI) en áreas con sospecha de tumor y en tejido normal, esto se comparó con el protocolo de IRM (o biopsia) mediante un H-Test Kruskal-Wallis. Un valor  $p < 0,05$  se consideró estadísticamente significativo.

Nuestros resultados sugieren que la MRE por driver externo es capaz de diferenciar entre tejido sano y maligno mediante el uso de los mapas  $\mu$  considerando el confidence map; se realizó una curva ROC para definir el valor de corte en lesiones tumorales y tejido sano arrojando un AUC=0.69-0.75 .

En próstata para las lesiones PR-4/5 y PR-1/2 la implementación de SE-MRE mejora aproximadamente en un 10% el promedio de los índices de clasificación binaria al comparar el protocolo mpMRI y mpMRI+MRE. En hígado, FLLs malignas fueron identificadas con una alta especificidad y PPV, por lo tanto, puede ser implementada como una herramienta adicional de información al caracterizar lesiones tumorales del hígado.

#### Referencias

- [1] L. Huwart, F. Peeters, R. Sinkus. Liver fibrosis: non-invasive assessment with MR elastography. *NMR Biomed.* 2006; 19, pages 173-179. URL DOI:10.1002/nbm.1030
- [2] A. Manduca, T.E. Oliphant, M.A. Dresner, J.L. Mahowald, S.A. Kruse, E. Amromin, J.P. Felmlee, J.F. Greenleaf, R.L. Ehman, Magnetic resonance elastography: Non-invasive mapping of tissue elasticity, *Medical Image Analysis*, Volume 5, Issue 4, 2001, Pages 237-254, ISSN1361-8415. URL [https://doi.org/10.1016/S1361-8415\(00\)00039-6](https://doi.org/10.1016/S1361-8415(00)00039-6).
- [3] Wang K, Manning P, Szeverenyi N, Wolfson T, Hamilton G, Middleton MS, Vaida F, Yin M, Glaser K, Ehman RL, Sirlin CB. Repeatability and reproducibility of 2D and 3D hepatic MR elastography with rigid and flexible drivers at end-expiration and end-inspiration in healthy volunteers. *Abdom Radiol (NY)*. 2017 Dec;42(12):2843-2854. doi: 10.1007/s00261-017-1206-4.

**Contacto:** Rodrigo Nehuen Alcalá Marañón, rodrigoalcala00@yahoo.com **Código Identificador:** 9258

15:24-15:36

Salón de Actos

## Hacia una histología no invasiva de tejido cerebral con resonancia magnética

Saidman E<sup>1</sup>, Gimenez M<sup>2 1</sup>, Fajardo J<sup>3 4</sup>, Pedraza L<sup>2 1</sup>, Tambalo S<sup>5</sup>, Novello L<sup>5</sup>, Moretto M<sup>5</sup>, Jovicich J<sup>5</sup>, Zwick A<sup>3 4 1 5</sup>, Álvarez G A<sup>3 4 1 5</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>2</sup> *Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>3</sup> *Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>4</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.*

<sup>5</sup> *Center for Mind/Brain Sciences, University of Trento, Rovereto, Italy*

Las tecnologías cuánticas podrían revolucionar el diagnóstico médico mejorando el rendimiento de sensores con diversas aplicaciones que van desde la angiografía hasta las imágenes con resoluciones submicrométricas. Podría decirse que ningún sensor es más sensible o útil que el espín nuclear de los protones de las moléculas de agua, utilizados para generar las imágenes por resonancia magnética (MRI). La resolución espacial actual de la MRI está limitada a los milímetros en los equipos clínicos; sin embargo, los cambios en los tejidos que ocurren consecuencia de enfermedades como el cáncer o la neurodegeneración suceden a escalas celulares y subcelulares del orden de los micrones mucho más pequeñas que los milímetros. Obtener imágenes con información microestructural con el exquisito contraste y la no invasividad de la resonancia magnética es un problema fundamental que si es resuelto tiene importantes implicaciones en la investigación y el diagnóstico médico. En este trabajo, mostraré cómo explotamos los movimientos aleatorios que experimentan las moléculas de agua dentro de los tejidos para alcanzar este objetivo, utilizando éstas moléculas como nuevos sensores cuánticos de su entorno [1,2]. Explotamos conceptos fundamentales de la mecánica cuántica y de las ciencias de la información cuántica, para desarrollar nuevas técnicas de resonancia magnética que provean información cuantitativa a nivel del micrón de parámetros morfológicos, que incluyen tamaños de células y distribuciones del tamaño de compartimentos tisulares [3-8]. Mostraré experimentos de prueba de concepto con resonancia magnética, implementados con fantasmas que imitan el tejido cerebral y con tejidos ex-vivo como cerebro de ratón y médula espinal de cerdo, que muestran el potencial de las técnicas si se traducen al contexto humano. Mostraré también resultados preliminares de cómo trasladamos estos métodos a equipamientos clínicos con pruebas de concepto con voluntarios humanos. Estos métodos pueden ser útiles para investigar la compartimentación de tejidos, de manera no invasiva, lo que eventualmente podría ser útil para estudiar enfermedades neurodegenerativas en entornos clínicos.

[1] G.A. Álvarez, N. Shemesh, and L. Frydman, *Phys. Rev. Lett.* 111, 080404 (2013).

[2] A. Zwick, D. Suter, G. Kurizki, G.A. Alvarez, *Phys. Rev. Applied* 14, 024088 (2020).

[3] N. Shemesh, G.A. Álvarez, and L. Frydman, *J. Magn. Reson.* 237, 49 (2013).

[4] N. Shemesh, G.A. Álvarez, and L. Frydman, *PLoS ONE* 10, e0133201 (2015).

[5] G.A. Álvarez, N. Shemesh, and L. Frydman. *Sci. Rep.* 7, 3311 (2017).

[6] J.E. Fajardo, G.A. Álvarez, *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 29, 1716 (2021).

[7] M. Giménez, P. Jiménez, L. Pedraza, D. Betancourth, A. Zwick, G.A. Álvarez, *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 29, 3418 (2021).

[8] M. Capiglioni, A. Zwick, P. Jiménez, G.A. Alvarez, *Phys. Rev. Applied* 15, 014045 (2021).

**Contacto:** Gonzalo Álvarez, gonzalo.alvarez@cab.cnea.gov.ar **Codigo Identificador:**

9332

15:36-15:48

Salón de Actos

## Imágenes cuantitativas de microestructura con secuencias de gradientes oscilantes por resonancia magnética en fantoma de materia blanca

Giménez M L<sup>1 2</sup>, Pedraza Pérez L A<sup>1 2</sup>, Jiménez P<sup>1 3</sup>, Zwick A<sup>1 2 4</sup>, Álvarez G<sup>1 2 4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Laboratorio de Espectroscopia e Imágenes por Resonancia Magnética Nuclear, Departamento de Física Médica, Centro Atómico Bariloche, CNEA, CONICET

<sup>3</sup> Laboratorio de Procesamiento de Señales e Imágenes - Departamento de Física Médica - CONICET - Centro Atómico Bariloche

<sup>4</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche

Durante la progresión de enfermedades neurodegenerativas ocurren cambios morfológicos dentro del cerebro. Obtener tal información mediante métodos no invasivos permitiría generar nuevos paradigmas de diagnóstico clínico. Con ese fin, evaluamos secuencias de pulsos de imágenes por resonancia magnética nuclear pesadas por difusión (dMRI) para determinar tamaños microestructurales de compartimentos en tejidos biológicos, como los que se encuentran dentro de la materia blanca del cerebro. Utilizamos la secuencia NOGSE (*Non-uniform Oscillating Gradient Spin-Echo*) que modula temporalmente el gradiente de campo magnético de manera no uniforme [1]. NOGSE genera un contraste en la señal de dMRI que brinda información cuantitativa de tamaños microestructurales, basada en la difusión restringida del agua dentro de los compartimentos [2]. La alta sensibilidad a los tamaños de las restricciones del orden de los micrones proviene de estudiar un *decay-shift* en vez de una tasa de decaimiento, como suele utilizarse en prácticas de dMRI convencionales. Esto se observó que ocurre cuando se consideran modulaciones rápidas del gradiente, aunque estas modulaciones imponen mayores restricciones en su implementación en la clínica. Teniendo en cuenta estas limitaciones, en este trabajo comparamos el caso ideal de modulaciones rápidas del gradiente utilizando pulsos cuadrados con el caso de modulaciones suaves utilizando funciones sinusoidales - con mayor factibilidad a ser implementadas en la clínica. Demostramos con herramientas de teoría de información [3] y con experimentos realizados con un fantoma de fibras de aramida que las modulaciones suaves también pueden ser utilizadas para estimar las distribuciones de los tamaños de las restricciones en el orden de los micrómetros [4]. Estos resultados contribuyen a allanar el camino hacia la implementación de nuevos métodos

de diagnóstico clínicos basados en imágenes cuantitativas de la microestructura de los tejidos. Se espera que aporten nuevas herramientas para el desarrollo de métodos de diagnóstico precoz de enfermedades neurodegenerativas asociadas a alteraciones morfológicas de los axones de la materia blanca del cerebro.

- [1] N. Shemesh, G. A. Álvarez, and L. Frydman. PLoS ONE 10, e0133201 (2015).  
 [2] M. Capiglion, A. Zwick, P. Jiménez, and G. A. Álvarez. Phys. Rev. Applied 15, 014045 (2021).  
 [3] A. Zwick, D. Suter, G. Kurizki, and G. A. Álvarez. Phys. Rev. Applied 14, 024088 (2020).  
 [4] M. Giménez, P. Jiménez, L. Pedraza, D. Betancourth, A. Zwick, and G. A. Álvarez. Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med. 29, 3418 (2021).

**Contacto:** Melisa Lucía Giménez, melisa.lucia.gimenez@gmail.com **Código Identificador:** 9172

15:48-16:00

Salón de Actos

## Expansión en tensores de distribución de gradientes en microestructura de tejidos por imágenes de resonancia magnética

Pedraza Pérez L A<sup>1 2</sup>, Álvarez G A<sup>1 3 4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>4</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.

Las imágenes por resonancia magnética (MRI) son una poderosa herramienta para diagnósticos médicos. La baja sensibilidad para detectar la señal de los espines nucleares típicamente limita la resolución espacial de las imágenes a varias decenas de micrómetros en sistemas preclínicos y a milímetros en equipos clínicos. Otras fuentes de información, derivadas de los procesos de difusión de moléculas intrínsecas a los tejidos, como el agua, permiten extraer información morfológica a escalas micrométricas y submicrométricas. En este trabajo consideramos la extracción de información morfológica a través de la medición de gradientes de campo magnético internos inducidos por las heterogeneidades de la susceptibilidad magnética del medio [1,2]. Usamos una expansión de cumulantes para describir la atenuación de la señal de MRI inducida por el movimiento molecular que explora estos gradientes internos. Basándonos en

ésta expansión definimos tensores de la distribución de gradientes internos (IGDT por sus siglas en inglés) [1] y propusimos una secuencia de eco de espín con gradientes modulados para estimarlos. Estos IGDTs contienen información de la microestructura de la muestra que permite caracterizar medios porosos y tejidos biológicos. Nuestros resultados formalizan la descripción de los IGDTs para explotarlos para el diseño de métodos de diagnóstico médico cuantitativo, basados en la determinación de cambios de tamaños de compartimientos microestructurales en tejidos.

[1] G. A. Álvarez, N. Shemesh, and L. Frydman. *Sci. Rep.* 7, 3311 (2017).

[2] J. E. Fajardo, and G. A. Álvarez. *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 29, 1716 (2021).

**Contacto:** Leonardo Pedraza, leonardo.pedraza@cab.cnea.gov.ar **Código Identificador:** 9219

**Miércoles 28 de septiembre**

14:00-14:12

Salón de Actos

## Modelos biofísicos de dosis-efecto en cerebro y su aplicación al tratamiento de glioblastoma con BNCT

Dattoli Viegas A M<sup>1 2</sup>, Carando D<sup>3</sup>, Koivunoro H<sup>4 5</sup>, González S<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> CONICET

<sup>2</sup> Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>4</sup> Neutron Therapeutics, Helsinki, Finland

<sup>5</sup> Department of Oncology, Helsinki University Hospital and University of Helsinki, Helsinki, Finland

La Terapia por Captura Neutrónica en Boro (BNCT) es una radioterapia para el tratamiento del cáncer que consiste en la administración de un compuesto borado al paciente y la posterior irradiación de la zona a tratar con un haz de neutrones lentos. Esta terapia se basa en la reacción de captura de los neutrones térmicos en los átomos de <sup>10</sup>B que tiene alta probabilidad de ocurrencia comparada con la de otros elementos presentes en el tejido (sección eficaz de 3838 barns), y productos con alta transferencia lineal de energía y rango de aproximadamente el radio celular con gran capacidad de generar daño letal en la célula en que ocurre la reacción o su entorno inmediato. Sin embargo, las irradiaciones con BNCT involucran otros tipos de reacciones, tanto de los neutrones térmicos con los otros elementos presentes en

los tejidos, como de neutrones de mayor energía presentes en los haces de irradiación que se utilizan para tratamientos de tumores en profundidad. Los productos de estas reacciones tienen diferentes características en cuanto al daño biológico que producen, lo que justifica que la dosimetría en BNCT usualmente se divida en diferentes componentes o contribuciones. Dado que la terapia con fotones es una radioterapia de referencia, es necesario encontrar un lenguaje dosimétrico común que permita comparar las diferentes modalidades de radioterapia. Para ello es importante contar con un modelo de dosis que permita traducir el conjunto de contribuciones, es decir, la dosis absorbida total administrada con BNCT, a una dosis en unidades equivalente a fotones para el mismo efecto biológico que el tratamiento de interés.

Asumiendo que las contribuciones de alto LET de la dosis de BNCT se pueden ponderar por un factor fijo para ajustar su mayor eficacia biológica respecto a fotones, diferentes investigadores observaron que la simple suma de todas las componentes ponderadas conduce a la subestimación de valores de dosis equivalentes en el caso del tejido normal. Por otra parte, sugirieron que a partir de comparar los efectos de BNCT en modelos animales donde se conocen los efectos de la radiación de fotones, sería posible verificar la validez de los modelos propuestos y, en consecuencia, determinar si la dosis de BNCT calculada es adecuada.

En un protocolo clínico, además de la dosis administrada al tumor, es de vital importancia la dosis que se le entrega a los tejidos sanos y, en especial, a los órganos de riesgos que son los limitantes del tratamiento. En las irradiaciones de tumores como el glioblastoma, el principal órgano de riesgo es el cerebro normal, por lo que una adecuada estimación de la dosis en este órgano es esencial para minimizar potenciales efectos adversos de la terapia.

En este trabajo desarrollamos un modelo de cálculo de dosis isoeffectivas a fotones para cerebro normal, a partir de los efectos radiotóxicos observados en un modelo in vivo de animal pequeño sometido a irradiaciones de fotones y de BNCT. Teniendo en cuenta los efectos biológicos de cada una de las componentes de dosis en BNCT, el modelo propuesto nos permite obtener la dosis equivalente a fotones para una radioterapia de referencia.

Aplicamos el modelo desarrollado a tratamientos con BNCT de gliomas malignos realizados en Finlandia. Estos tratamientos se realizaron en la facilidad de irradiación para BNCT finlandesa que consta de un reactor nuclear de investigación con el que se logran irradiaciones de neutrones térmicos, epitérmicos y rápidos, que permiten el tratamiento de tumores a diferentes profundidades. Los resultados clínicos reflejaron efectos en cerebro leves a moderados en la mayoría de los casos y efectos agudos en algunos de ellos. No se observaron efectos graves para ningún paciente. Además, se lograron buenos resultados de supervivencia de los pacientes, concluyendo que BNCT es una terapia factible para gliomas malignos recurrentes. En este trabajo reportamos los tratamientos y los principales resultados obtenidos. Evaluamos estos tratamientos

clínicos a partir del modelo de dosis en cerebro desarrollado. Las dosis equivalentes así calculadas contrapuestas con las posibles reacciones adversas en el tejido permiten apreciar si estos valores son representativos del efecto biológico causado.

**Contacto:** Ana Mailén Dattoli Viegas, mailendattoli@gmail.com **Código Identificador:** 9295

14:12-14:24

Salón de Actos

## Desarrollos orientados a una descripción adecuada de la relación dosis-respuesta en el marco de los tratamientos de tumores cerebrales con BNCT

Marcaccio B<sup>1 2</sup>, ApellidoPortu A<sup>1 3</sup>, Santa Cruz G<sup>1</sup>, Cansolino L<sup>4 5</sup>, Crepaldi M<sup>4</sup>, Dondi D<sup>5 6</sup>, Postuma I<sup>5</sup>, Bortolussi S<sup>2 5</sup>, González S<sup>1 3</sup>, Ferrari C<sup>5 4</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Universidad de Pavía

<sup>3</sup> CONICET

<sup>4</sup> Departamento de Ciencias Clínico-Quirúrgicas, Laboratorio de Cirugía Experimental, Universidad de Pavía

<sup>5</sup> Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

<sup>6</sup> Depto de Química UNIPV y INFN Dependencia de Pavía

La Terapia por Captura Neutrónica en Boro (BNCT) es un tipo de radioterapia altamente selectiva que se basa en la reacción de captura:  $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ . El boro se administra a los pacientes a través de compuestos capaces de enriquecer el tumor con concentraciones más altas del isótopo en comparación con aquella obtenida en el tejido sano. La selectividad de la terapia se debe a que los productos de la reacción de captura de neutrones en  $^{10}\text{B}$  son partículas altamente ionizantes, que liberan toda su energía en una región parcialmente limitada (típicamente  $5 - 9\mu\text{m}$ ). Por lo tanto, es posible comprometer las funciones vitales de las células tumorales generando su inactivación y al mismo tiempo preservar los tejidos sanos. Este tratamiento se ha aplicado en varios países y en tumores con respuesta limitada o nula a las terapias tradicionales, utilizando haces de neutrones procedentes de reactores nucleares y de aceleradores capaces de suministrar flujos de neutrones con características adecuadas para esta terapia.

La dosis absorbida total administrada a los tejidos con BNCT es consecuencia de la interacción de un campo mixto de radiaciones con diferente eficacia biológica. La complejidad de este campo se traduce en la dificultad de predecir el efecto terapéutico para una determinada dosis absorbida. Por lo tanto, resulta necesario traducir la dosis

de BNCT a una dosis entregada con radioterapia convencional con fotones, para la cual la relación dosis-efecto es conocida.

El glioblastoma multiforme (GBM) es un tipo común de tumor cerebral maligno resistente tanto a la radioterapia como a la quimioterapia. A pesar de las mejoras en las modalidades de diagnóstico y el uso de terapias multimodales intensivas que incluyen, además de las ya mencionadas, la cirugía, el tiempo de supervivencia es inferior a un año. En este contexto, BNCT es de particular interés para el tratamiento de los tumores cerebrales infiltrantes: al ser un tipo de radioterapia biológicamente dirigida a las células, su aplicación ejerce efectos nocivos sobre las células tumorales y no sobre el tejido sano circundante, mejorando el control local del tumor y la supervivencia del paciente.

El objetivo general del presente trabajo es contribuir a mejorar la comprensión de la relación entre el efecto terapéutico y la dosis entregada en BNCT, a partir de optimizar los modelos existentes para el cálculo de la dosis isoefectiva a fotones en pacientes de GBM. En particular, la dosimetría de los tratamientos realizados hasta la fecha de esta patología con BNCT, se ha realizado en base al modelo de cálculo de dosis ponderada con valores fijos de eficacia biológica relativa (RBE). Este modelo, además de conducir a resultados de dosis en unidades equivalente a fotones inconsistentes con los efectos clínicos observados, utiliza parámetros radiobiológicos derivados de una variante histológica del glioblastoma: el gliosarcoma, otro tipo de tumor cerebral. En este trabajo se introduce un nuevo modelo para la determinación de la dosis en unidades equivalente a fotones en pacientes de glioblastoma tratados con BNCT. Con este propósito, se construyeron curvas de supervivencia celular en función de la dosis absorbida utilizando la línea celular de glioblastoma humano U87, a partir de la irradiación de cultivos en monocapa con fotones de Co-60 usando una fuente disponible en la Universidad de Pavia, y con la columna térmica de neutrones del reactor TRIGA Mark II de Pavia. En base a las curvas de dosis-respuesta se determinaron los parámetros radiobiológicos del modelo.

El modelo propuesto se utilizó para calcular la dosimetría de un caso de paciente de GBM tratado con BNCT. Los resultados obtenidos se compararon con aquellos derivados del modelo existente en base a datos de gliosarcoma, para evaluar el impacto de los parámetros radiobiológicos de diferentes tipos de tumores sobre las dosis calculadas.

Finalmente, se están realizando experimentos con autorradiografía neutrónica para obtener información sobre la distribución de la concentración del boro a nivel celular (núcleo y citoplasma). Esta información se utilizará para optimizar el modelo de dosis isoefectiva contemplando una descripción microdosimétrica del formalismo, a fin de tener una descripción aún más precisa de la relación dosis-efecto.

**Contacto:** Barbara Marcaccio, marcaccio.barbara@gmail.com **Código Identificador:** 9296

14:24-14:36

Salón de Actos

## Dosimetría de detalle de campos mixtos para el tratamiento de cáncer de piel con Terapia por Captura Neutrónica en Boro

Riback J S<sup>1, 2</sup>, Viglietti J S<sup>3</sup>, Portu A M<sup>2, 3</sup>, Santa Cruz G<sup>4</sup>, González S J<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dosimetría Computacional y Planificación de Tratamientos del proyecto BNCT, Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Departamento de Radiobiología, Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>4</sup> Gerencia de Área de Aplicaciones de la Tecnología Nuclear, Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto BNCT de Argentina. Este proyecto se encuentra en Fase I/II de investigación y se desarrolla en las instalaciones de los Centros Atómicos dependientes de la CNEA en colaboración con instituciones médicas del país [1].

La Terapia por Captura Neutrónica en Boro es una modalidad terapéutica contra el cáncer que involucra la administración sistémica de un compuesto portador de  $^{10}\text{B}$  con selectividad por las células malignas y la posterior irradiación de la región a tratar con haces de neutrones de bajas energías. Como resultado de la reacción de captura se liberan partículas con alta transferencia lineal de energía, generando un daño letal en la célula tumoral y en su entorno inmediato, minimizando el daño al tejido normal circundante y atacando a las células tumorales infiltradas en tejido sano. BNCT es estudiada en distintos países con el objetivo de ampliar las capacidades de tratamiento. Nuestro proyecto cuenta con un protocolo clínico aprobado para el tratamiento de cáncer de piel y las irradiaciones se llevan a cabo en el reactor RA-6, en el Centro Atómico Bariloche.

El propósito principal de este trabajo es abordar el cálculo de la dosimetría de detalle en el principal órgano de riesgo involucrado (la piel) para optimizar los tratamientos y comprender la relación entre dosis y calidad de la radiación y posibles toxicidades agudas y tardías. Un modelo de cálculo de dosis más realista es de gran importancia porque la piel es un órgano de riesgo de respuesta compleja en la mayor parte de las radioterapias oncológicas. Usualmente los modelos de cálculo de dosis parten de dos hipótesis: igualdad entre dosis y KERMA, y equilibrio de partículas cargadas. En determinadas condiciones involucradas en BNCT estas hipótesis no se

cumplen (interfases entre tejidos diferentes, o cuando la región estudiada es menor que el rango de las partículas cargadas) y es necesario estimar la dosis mediante cálculos más complejos.

El presente trabajo aborda el estudio de la dosimetría de detalle mediante dos enfoques diferentes: la simulación detallada de la irradiación de piel y la determinación experimental de la distribución de fuentes de partículas secundarias generadas por neutrones en piel. En el primer caso, el abordaje se realiza mediante simulaciones de irradiaciones terapéuticas y el cálculo de la dosimetría de detalle, con el código de transporte Monte Carlo PHITS. Se propone la construcción y modelización de una geometría más compleja que la utilizada usualmente en los cálculos para la piel. Involucra el estudio completo de la anatomía e histología de la piel humana, de sus diferentes composiciones materiales y de procesos que determinan la acumulación heterogénea de  $^{10}B$ . En el segundo caso, mediante la técnica de autorradiografía neutrónica [2] realizada en muestras biológicas provenientes de un estudio pre-clínico en un animal grande llevado a cabo en el proyecto, estimar la microdistribución y captación de boro en diferentes estructuras de piel y así añadir información al modelo computacional desarrollado.

Ambos enfoques de trabajo se proponen en dos modelos diferentes: 1) de piel a escala del milímetro, para el estudio macroscópico de la distribución de boro y de la dosimetría del campo de BNCT, y 2) de piel a escala micrométrica, para un estudio estructural de las regiones irradiadas, para obtener una descripción más apropiada sobre la respuesta de la piel a la radiación y la probabilidad de complicación. El objetivo final es mejorar la comprensión sobre la dosimetría de BNCT en la piel y contribuir a la optimización de los tratamientos en Argentina.

## Referencias

[1] Menéndez PR, Roth BMC, Pereira MD, Casal MR, González SJ, Feld DB, et al. BNCT for skin melanoma in extremities: Updated Argentine clinical results. *Appl Radiat Isot* ;67(Suplementos 7-8):S50-3 (2009)

[2] Portu, Molinari, et al Neutron autoradiography to study boron compound microdistribution in an oral cancer model, *International Journal of Radiation Biology* (2014)

**Contacto:** Jessica Sofia Riback, jessicariback@gmail.com **Código Identificador:** 9200

## Cálculo del poder de frenado y rango de protones sobre blancos moleculares de interés biológico: agua líquida, nucleobases y esqueleto azúcar-fosfato del ADN

Strubbia C<sup>1 2</sup>, Tessaro V<sup>1 2 3</sup>, Galassi M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

<sup>2</sup> Grupo de Física Biomédica - IFIR (CONICET - UNR)

<sup>3</sup> Institute de Physique Nucléaire de Lyon, Université Lyon 1, Villeurbanne, Francia

La Protonterapia (radioterapia en la que se utilizan haces de protones) es actualmente una de las terapias de vanguardia para el tratamiento de algunos tipos de tumores del sistema nervioso central, oculares y pediátricos, ya que permite un mejor control tumoral que la radioterapia convencional. En Argentina se instalará próximamente el "Centro Argentino de Protonterapia", siendo el primer país en América Latina en contar con esta tecnología para el tratamiento del cáncer. Esta técnica permite una importante localización de la dosis en el tumor gracias a las propiedades físicas de la interacción de los protones con la materia. Sin embargo, la dosimetría para estos haces es muy compleja, ya que requiere conocer la Eficacia Biológica Relativa. Este parámetro depende de varios factores, tales como: la energía y carga del ion incidente, tasa de dosis, transferencia lineal de energía (LET) y la microdosimetría. Para abordar su estudio, resulta relevante disponer de las secciones eficaces de los procesos físicos inelásticos que toman lugar cuando los protones impactan sobre agua líquida (principal componente del citoplasma celular), y sobre el material genético contenido en el núcleo de la célula (molécula de ácido desoxirribonucleico ADN). Por este motivo, en el presente trabajo se aborda el cálculo de las secciones eficaces de ionización, excitación electrónica e intercambio de carga por impacto de protones sobre agua líquida, las cuatro nucleobases (adenina, timina, citosina y guanina) y el esqueleto azúcar-fosfato del ADN aplicando modelos semiempíricos [1,2], a los que se realizaron ajustes de acuerdo a los blancos moleculares estudiados. Los resultados obtenidos muestran muy buen acuerdo con datos experimentales y con resultados obtenidos aplicando otros modelos teóricos ab-initio. Dichas secciones eficaces se utilizaron para calcular el poder de frenado electrónico (pérdida de energía del proyectil por unidad de camino recorrido en el medio) y el rango, que son parámetros físicos relevantes en dosimetría y que están a su vez relacionados al daño biológico. Los resultados obtenidos muestran muy buen acuerdo con datos recomendados para agua líquida [3], y con aquellos obtenidos mediante regla de aditividad de Bragg para representar las bases del ADN.

**Referencias:** [1] M. Dingfelder *et al.*, Rad. Phys. Chem. **59**, 255-275 (2000).

- [2] Z. Francis *et al.*, Jour. App. Phys. **122**, 014701 (2017).  
[3] ICRU Report 49 (ICRU, Bethesda, MD, 1993).

**Contacto:** Camila Strubbia, camilastrubbia@outlook.com **Codigo Identificador:** 8596

14:48-15:00

Salón de Actos

## Dosimetría Computacional en Tratamientos de Protonterapia

Valeriano M<sup>1</sup>, González S<sup>2</sup>, Santa Cruz G<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Dan Beninson, UNSAM-CNEA

<sup>2</sup> Grupo de Dosimetría Computacional y Planificación de Tratamientos, CNEA- CONICET

El trabajo se desarrolló en el marco de las actividades de Investigación y Desarrollo que se llevan a cabo en el marco del Proyecto Centro Argentino de Protonterapia (CeArP), de cuya ejecución está a cargo la Comisión Nacional de Energía Atómica, en colaboración con la Universidad de Buenos Aires (UBA) a través del Instituto de Oncología Ángel H. Roffo (IOAHR), dependiente de la misma. El mismo tiene como objetivo principal dar inicio a las investigaciones en protonterapia que contemplan, en una primera parte, la adquisición de experiencia en dosimetría computacional para haces de protones, mediante la utilización de métodos de transporte de radiación por Monte Carlo. En este marco, se plantea como propuesta la ampliación del formalismo de dosis iso-efectiva a fotones en BNCT a la protonterapia [1], considerando la descripción del campo primario de protones y evitando el uso de factores fijos de la eficacia biológica relativa (RBE).

Para tales fines, se desarrollaron diferentes estrategias y metodologías con el propósito de obtener un pico de Bragg extendido (SOBP) que cumpliera con una serie de criterios establecidos en una zona definida de interés dentro de un fantoma cúbico de composición de tejido blando. En particular, se realizaron múltiples simulaciones de la irradiación de dicho fantoma con el código PHITS, buscando definir y optimizar el número de haces de protones y sus energías según los criterios impuestos. Por otra parte, se consultó la base de datos PIDE [2] para el cálculo y estudio de la dependencia con la transferencia lineal de energía (LET) de parámetros radiobiológicos  $\alpha$  y  $\beta$ , correspondientes a la radiación debida a protones y las radiaciones de referencia consideradas: (1) Co-60 y fotones de 6 MV y (2) fotones de 225 kVp. Finalmente, se aplicaron los conceptos del formalismo de dosis iso-efectiva a la protonterapia, considerando el campo primario de protones. Esto, permitió la realización del cálculo de la dosis iso-efectiva a fotones con el nuevo formalismo propuesto, y su posterior

comparación con los resultados de la metodología utilizada actualmente en la clínica, que resultan de pesar la dosis absorbida por un factor de efectividad biológica fijo de 1.1 [3].

Complementariamente, se consideró de interés analizar los perfiles de eficacia biológica relativa en profundidad. Además, se analizó la dependencia de la dosis iso-efectiva a fotones con los parámetros radiobiológicos del Modelo Lineal Cuadrático [4] y con el tipo de radiación de referencia considerada.

Se observó un aumento gradual del perfil de dosis iso-efectiva en profundidad en la región del SOBP como consecuencia de la dependencia de dicha dosis con la LET. Estos resultados ponen en evidencia que lo que puede considerarse como un perfil uniforme en términos de dosis absorbida de protones o dosis equivalentes pesadas con factores de RBE fijos en la clínica, deja de serlo en el caso de la dosis iso-efectiva calculada a partir del formalismo propuesto.

Adicionalmente, se observó que la dosis iso-efectiva depende de la radiación de referencia que se considere (al igual que la RBE) y que, para protones, dicha dosis es sensible a variaciones de los parámetros  $\alpha$ , mientras que los parámetros radiobiológicos  $\beta$  tienen un efecto despreciable en el cálculo de esta. Finalmente, se confirmó la dependencia de la RBE con la LET en profundidad, observándose además una extensión del rango de eficacia biológica más allá del borde distal.

Los estudios y desarrollos propuestos en este proyecto forman parte de las primeras contribuciones hechas en CNEA en el campo de la dosimetría en protonterapia y, a la luz de los resultados obtenidos, se espera que redunden en la optimización de los tratamientos clínicos actuales.

### Referencias:

- [1] González, S. J., Santa Cruz, G. A. The photon-isoeffective dose in boron neutron capture therapy. *Radiation Research*, **178**(6), 609-621, 2012 .
- [2] Friedrich, T. Particle Irradiation Data Ensemble: Information sheet. Version 3.2. GSI biophysics project, 2012.
- [3] IAEA, I. Relative biological effectiveness in ion beam therapy. IAEA Tech Reports, 461, 1-165, 2008.
- [4] Portero, F. S. Radiobiología en braquiterapia de baja tasa de dosis. *Radiobiología*, 2, 26-33, 2002.

**Contacto:** Mariel Valeriano, mariel.valeriano18@gmail.com **Codigo Identificador:** 9042

## Caracterización de un haz partículas utilizando detectores de trazas nucleares poliméricos

Viglietti J S<sup>1</sup>,Portu A M<sup>1 2</sup>,Bernardi G C<sup>1</sup>,Olivares C<sup>1</sup>,Fregenal D E<sup>1 2</sup>,Rodríguez L M<sup>2</sup>,Saint Martin G<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>3</sup> Instituto de Tecnología Jorge A. Sabato - UNSAM

En el estudio de la terapia por captura neutrónica en boro (BNCT), la técnica de autorradiografía neutrónica se aplica al análisis de la captación de compuestos borados en matrices biológicas de interés, a fin de conocer su biodistribución. Se utilizan detectores de trazas nucleares (NTDs) para registrar la interacción con partículas  $\alpha$  y  ${}^7\text{Li}$ , resultantes de la reacción  ${}^{10}\text{B}(n,\alpha){}^7\text{Li}$  (reacción BNC). Estas partículas generan daños localizados en el detector, o trazas latentes, que luego se pueden amplificar mediante un proceso de ataque químico para su observación en microscopía óptica. Dadas las características de la interacción se pueden correlacionar la ubicación y cantidad de trazas resultantes con la distribución y concentración del  ${}^{10}\text{B}$ . En nuestro laboratorio se ha desarrollado, validado y aplicado la autorradiografía neutrónica utilizando folias de policarbonato como NTD. Recientemente, se ha avanzado en la caracterización de los eventos (trazas) cuantificados en función de parámetros morfológicos y de uniformidad a partir de autorradiografías, generadas por trazas provenientes de la reacción BNC. En las imágenes BNC, las trazas provienen de 2 tipos de partículas, con múltiples ángulos y energías.

En este trabajo se busca analizar y cuantificar imágenes de folias irradiadas con partículas  $\alpha$  monoenergéticas, y así identificar las distribuciones en los parámetros cuantificados con las características de al menos una de las partículas que originan los eventos BNC. Las irradiaciones se llevaron a cabo en el acelerador de iones Tándem de 1.7 MV del CAB. El haz de partículas se dispersó utilizando láminas de Au. Se utilizaron 3 energías nominales de 1.47 MeV, 1 MeV, y 0.5 MeV, y 2 fluencias de partículas de  $\Phi=6.5\text{E}+5\text{ cm}^{-2}$  para 19 folias, y  $\Phi=1.3\text{E}+6\text{ cm}^{-2}$  para las 3 restantes.

El estudio permitió evaluar la homogeneidad del haz y las características de las trazas mediante Barridos, medición de Densidad de trazas (por unidad de superficie), y análisis de tamaño, morfología, y uniformidad de grises. Los barridos se realizaron en dos direcciones perpendiculares evaluando la cantidad de trazas a lo largo de esos recorridos. Algunas folias de la primera irradiación mostraron zonas sin presencia de eventos. Esta falta de uniformidad de la zona irradiada se resolvió al cambiar el dispersor del haz. Para obtener valores representativos para cada folia, el cálculo de densidad de trazas promedio se realizó adquiriendo entre 45-60 imágenes al azar en

cada folia y dividiendo por el área de la imagen. Se compararon los valores obtenidos con las fluencias de irradiación, y la dispersión de las mismas. Las densidades de trazas promedio para los dos grupos de folias fueron  $(6.6 \pm 0.5)E+5$  trazas  $\text{cm}^{-2}$ , y  $(1.3 \pm 0.2)E+6$  trazas  $\text{cm}^{-2}$ . Estos resultados fueron consistentes con las fluencias de irradiación.

Para la caracterización de las trazas se tomaron los parámetros morfológicos y de uniformidad en intensidad de gris de los eventos cuantificados, y se compararon distribuciones de los mismos entre las diferentes irradiaciones y energías. Se encontraron diferencias significativas en el área de las trazas en folias correspondientes a distintas energías, observándose un ordenamiento creciente al disminuir la energía de las partículas incidentes. Se hizo notoria también la dependencia de los tamaños con las condiciones de adquisición de las imágenes (luz), que no resultaba tan sensible en muestras BNC.

La identificación de las partículas según su energía permitirá avanzar en el análisis de la morfología de las trazas nucleares en diferentes condiciones. Las próximas irradiaciones estarán destinadas a completar el análisis, incluyendo iones de  ${}^7\text{Li}$  con diferentes energías nominales. Finalmente, en trabajos futuros el estudio de la morfología y características de las trazas deberá considerarse para el análisis del proceso de fading de trazas, que ocurre al exponer las folias a la radiación UV-C para la generación de improntas del material biológico, aumentando la resolución espacial de la autorradiografía neutrónica.

**Contacto:** María Laura Gisela Saint Martin, gisaint@cnea.gov.ar **Código Identificador:** 9138

15:12-15:24

Salón de Actos

## Hacia la detección de boro en matrices biológicas mediante sensores de imagen CMOS comerciales para la aplicación en la Terapia por Captura Neutrónica en Boro (BNCT)

Spain M S<sup>1 2 3</sup>, Sanca G A<sup>3</sup>, Golmar F<sup>1 3</sup>, Saint Martin G<sup>2</sup>, González S J<sup>1 2</sup>, Portu A M<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>2</sup> Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Escuela de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de San Martín

La Terapia por Captura Neutrónica en Boro (BNCT) es una modalidad de radioterapia para el tratamiento del cáncer. Se basa en la administración de un compuesto borado enriquecido en  $^{10}\text{B}$  que se concentra preferentemente en las células tumorales y la posterior irradiación de la zona con un flujo de neutrones térmicos. Así, tiene lugar la reacción de captura neutrónica  $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$  (BNC), cuyos productos tienen una alta transferencia lineal de energía (LET) y un corto alcance en tejidos blandos (entre 5 y 10  $\mu\text{m}$ ). Teniendo en cuenta el rango acotado de estas partículas, su daño se limitaría a las células que contienen boro, permitiendo dañar las células tumorales, preservando aquellas normales. El conocimiento de la localización de boro a nivel tisular es fundamental para analizar la probabilidad de éxito de la terapia y para comprender los efectos radiobiológicos observados luego de la irradiación. Es por ello que en el grupo de Imagenología del Boro perteneciente al Proyecto BNCT de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) se han desarrollado diversas aproximaciones de la autorradiografía neutrónica con detectores de trazas nucleares (NTD) para el análisis cualitativo y cuantitativo de la concentración de boro en muestras biológicas. Esta técnica se basa en la capacidad de los NTD de mantener en forma permanente las alteraciones producidas en su estructura por las partículas que lo impactan. La técnica consiste en poner en contacto una sección de tejido previamente infundido con un compuesto borado sobre un NTD y exponer el arreglo a un flujo de neutrones térmicos, de tal forma que los productos de la reacción BNC generen un daño permanente en el NTD a lo largo de su trayectoria. Este daño se puede magnificar mediante un ataque químico (*etching*), a fin de observar las trazas por microscopía óptica. Así, las imágenes autorradiográficas se obtienen a partir de las trazas generadas por las partículas emitidas en el tejido. Hasta el momento, esta técnica se ha aplicado en diferentes matrices biológicas utilizando detectores poliméricos. Este trabajo busca presentar una nueva propuesta para la detección y localización de los productos de la reacción BNC junto con la imagen de la muestra biológica durante la irradiación, utilizando sensores de imagen CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) comerciales. La implementación de esta técnica permitirá realizar una detección *on-line* de las partículas evitando el proceso de *etching* necesario para amplificar las trazas nucleares y generar las imágenes autorradiográficas, simplificando así la obtención de la información sobre la distribución de boro en las muestras. Además, se espera poder superar los umbrales de saturación de trazas que ocurren con fluencias prolongadas de neutrones, y aumentar la resolución espacial actual de la técnica analizando los eventos individualmente y estudiando la correlación entre la cantidad y ubicación de los píxeles activados con la posición real de la cual parten las partículas. En este contexto, se han realizado experimentos exponiendo sensores de cámaras web a diferentes tipos de radiación (partículas  $\alpha$  de 6.118 MeV ( $^{252}\text{Cf}$ ), radiación  $\gamma$  de 0.662 MeV ( $^{137}\text{Cs}$ ) y productos de la reacción BNC) observándose diferencias morfológicas entre los eventos detectados generados a partir de la interacción

de las distintas partículas con el sensor. Estas primeras experiencias evidenciaron la necesidad de resolver varios aspectos técnicos, por lo cual en primer lugar se buscará un sensor comercial CMOS que cumpla con los requisitos de la técnica propuesta y se desarrollará la electrónica dedicada para controlar el dispositivo. Posteriormente, se analizará la respuesta del sensor a diferentes partículas en forma independiente, para entender la capacidad de estos dispositivos para discriminar entre diferente tipo de radiación. Con el fin de caracterizar el fondo que se deberá filtrar en el análisis de la detección de los eventos BNC, se realizarán ensayos de irradiación en la Facilidad Central de Columna Térmica del reactor RA-3. Las experiencias previas realizadas por nuestro grupo mostraron que los sensores se activan, por lo que además se estudiará el potencial daño en la electrónica y el sensor y se evaluará la necesidad de diseñar un blindaje.

**Contacto:** María Sol Espain, msolespain@gmail.com **Código Identificador:** 9134

15:24-16:00

Salón de Actos

## Mesa redonda: Día internacional de la Física Médica 2022: “Física médica para una atención médica sostenible”

### Sesiones de Posters

- Martes 27/9: FM-1 a FM-22.
- Miércoles 28/9: FM-23 a FM-43.

### FM-1 2-Metoxi-2,4-difenil-3(2H)-furanona: De reactivo analítico para grupos amino a fluorocromo catiónico para DNA

Felix-Pozzi M<sup>1</sup>, Romero S<sup>2</sup>, Stockert J C<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Micro y Nanotecnología - Centro Atómico Constituyentes - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto de Oncología Dr. Angel Roffo (UBA)

La metoxi-2,4-difenil-3(2H)-furanona (MDPF) es un reactivo analítico para grupos amino presentes principalmente en proteínas y un marcador fluorescente para anticuerpos secundarios. Aunque la fluorescamina fue el primer derivado de la furanona usado para la detección de grupos amino, el MDPF es actualmente el reactivo más conveniente y usado. Con ambos reactivos se interpretó inicialmente que el producto fluorescente era una pirrolinona, pero en estudios más recientes hemos demostrado que el fluoróforo final es una pirrolona. Tanto la fluorescamina como el MDPF se aplicaron previamente en análisis citogenético y en citoquímica de proteínas catiónicas en leucocitos eosinófilos. Teniendo en cuenta las propiedades espectroscópicas del producto de la reacción del MDPF con grupos amino, en este trabajo estudiamos la utilización de esta pirrolona como fluorocromo catiónico, con el objeto de visualizar estructuras celulares polianiónicas y, en particular, el DNA de la cromatina. Los productos fluorescentes fueron sintetizados mezclando 4:1 (v/v) una solución de MDPF (2 mg/ml en acetona) con buffer borato a pH 9.2, conteniendo ya sea 10E1 estudio espectroscópico de ambos compuestos reveló máximos de absorción y de emisión a 385 y 487 nm, respectivamente. Los grupos fenilo tienen libertad de giro y eso explica el claro aumento de emisión en presencia de solventes viscosos. La observación microscópica mostró una fluorescencia blanco-azulada muy selectiva y brillante en la cromatina de los núcleos de eritrocitos de pollo, adjudicable a la unión de ambas pirrolonas con el DNA. El modelado molecular con HyperChem reveló que el fluoróforo PyO es plano con alta carga parcial negativa en el oxígeno y positiva en el nitrógeno. Los orbitales moleculares HOMO-0 y LUMO+0 están bien separados ( $E_g = 6.01$  eV), lo que explica el elevado desplazamiento de Stokes y la corta longitud de onda de emisión. Teniendo en cuenta la estructura plana y catiónica del fluoróforo, puede asumirse que el mismo se intercala entre pares de bases en el DNA, ocurriendo asimismo una bis-intercalación en el caso del SPyO. Estas posibilidades permiten sugerir un potencial farmacológico de interés en quimioterapia del cáncer.

- [1] Stockert J.C. Blazques Castro A. Fluorescence microscopy in life sciences. 2017.
- [2] Stockert J.C. Trigoso C.I. Fluorescence of eosinophil leukocyte granules induced by the fluorogenic reagent 2-methoxy-2,4-diphenyl-3(2h)-furanone. *Blood Cells*, 19:423?430., 1993.
- [3] Blackburn G.M. Gait MJ. (Eds). *Nucleic acids in chemistry and biology. Nucleic acids in Chemistry and Biolog*, 1990.
- [4] Stockert J.C. et al. A mechanism for the fluorogenic reaction of amino groups with fluorescamine and 2 methoxy 2,4-diphenyl 3(2h)-furanone. *Acta Histochem*, 110:333?340., 2008.
- [5] Weigele M. et al. Fluorescent labeling of proteins. a new methodology. *Biochem Biophys Res Comm.*, 54(3):899?906, 1973.
- [6] Horobin R.W. Kiernan J.A. *Conn?s biological stains. a handbook of dyes, stains*

and fluorochromes for use in biology and medicine. A handbook of Dyes, Stains and Fluorochromes for use in Biology and Medicine, 2002

## **FM-2 Adsorción de BSA en un nuevo scaffold cerámico bioactivo propuesto para regeneración ósea**

Viatela Y<sup>1 2 3</sup>, Prado M<sup>1 3 2</sup>, Nadal M<sup>4 3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Departamento Materiales Nucleares, Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)*

<sup>3</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.*

<sup>4</sup> *Departamento de Física Medica, Centro Atómico Bariloche, CNEA, CONICET*

El nuevo scaffold (SC) para regeneración ósea se desarrolló a partir de una mezcla de óxidos precursores de biovidrio, con el agregado de agentes formadores de poros. El protocolo de síntesis incluye una rampa de 5°C/min hasta 1000°C, permaneciendo 1 hora a esta temperatura. Al final del proceso, la porosidad es 55globulina (35primera en rodear agentes extraños cuando entran en contacto con la sangre. Por lo tanto, es un buen indicador de la respuesta anti-inflamatoria. Para poner a prueba la adsorción de albumina al scaffold y examinar los efectos de esta adsorción sobre la estructura secundaria de la albumina, se procederá a la incubación del scaffold (sin y con HA) con distintas concentraciones (0,01 mg/ml, 0,1 mg/ml y 1 mg/ml) de seroalbúmina bovina (BSA) durante 24h a 37°C bajo agitación. Para medir la cantidad de BSA adsorbida, se realizarán mediciones de espectroscopia UV-Vis en el sobrenadante. Mediante espectroscopia de fluorescencia y dicroísmo circular se determinará si la proteína adsorbida se encuentra desnaturalizada [2] lo cual indicaría que el SCH es reconocido como un cuerpo extraño. Estos resultados contribuirán sobre el uso del porototipo del SC desarrollado como implante en regeneración ósea.

1. Erika López, Yrina Viatela, Miguel Prado, Vanesa Biolatti, Carolina Bagnato, Journal of Biomedical Materials Research Part B Applied Biomaterials 109(7). (2021) Pages 1074-1083

2. Joseph R. Lakowicz. Principles of Fluorescence Spectroscopy Springer, 3rd Edition. (2006)

## **FM-3 Análisis de Calidad Paciente-específico usando Dynalog Files en IMRT y VMAT**

Cabrera Lacey E A<sup>1</sup>, Chesta M Á<sup>1</sup>, Venencia C D<sup>2</sup>, Ferrari J<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Instituto Zunino ? Fundación Marie Curie ? Córdoba, Argentina.*

<sup>3</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, UNiversidad Nacional de*

*Córdoba*

En la Radioterapia de intensidad modulada (IMRT, VMAT) la fuente de radiación-X proviene de un acelerador de electrones (LINAC) clínico. Un colimador remoto de láminas múltiples (MLC) permite conformar el haz de radiación de modo que la Dosis de radiación sea entregada al volumen del blanco prescrito (PTV) por el médico oncólogo. En los tratamientos de IMRT los archivos de registro del tipo DynaLog files (VarianTM) contienen la información dinámica del MLC generada por el controlador del Linac. En este trabajo se presenta un procedimiento para la reconstrucción de la fluencia de fotones, del plan realmente administrado al paciente, basado en el análisis de los registros DynaLog. El algoritmo para la reconstrucción fue programado in-house en lenguaje Python. El método de reconstrucción descrito en este estudio es adecuado para realizar los análisis de calidad paciente-específico (IMRT QA) dado que posibilita comparar la dosis planificada con la actualmente administrada al paciente. Se presentan resultados usando el índice gamma de análisis de dosis espacial para el Eclipse TPS a partir de registros DynaLog grabados durante tratamientos IMRT y VMAT.

### FM-4 **Análisis de redes neuronales a través de Análisis de Componentes Independientes**

Lombardo C<sup>1 2 3</sup>, Ancari L<sup>2 3 4</sup>, Fino D<sup>1 2 3 4</sup>, Moguilner S<sup>5 6</sup>, García R<sup>2 3 7</sup>, Gonzalez F<sup>2 4 5 8</sup>, Isoardi R<sup>1 2 4 5</sup>, Lisazo C<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Departamento de Resonancia Magnética, Fundación Escuela de Medicina Nuclear*

<sup>3</sup> *Departamento de Resonancia Magnética, Fundación Argentina para el Desarrollo en Salud*

<sup>4</sup> *Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>5</sup> *Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>6</sup> *Department of Neurology, Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, Boston, MA*

<sup>7</sup> *Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza*

<sup>8</sup> *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo*

**INTRODUCCIÓN.** La resonancia magnética funcional (fMRI) es una técnica que permite medir indirectamente, y de forma no invasiva, la actividad neuronal basándose en la respuesta vascular (cambios hemodinámicos). Esto es posible gracias a que la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina tienen propiedades magnéticas distintas. La oxihemoglobina es diamagnética mientras que la desoxihemoglobina (paramagnética) produce distorsiones microscópicas en el campo magnético que afectan la frecuencia de precesión de los protones de hidrógeno cercanos. Las neuronas no tienen reservas internas de energía, por lo que obtienen glucosa y oxígeno de la sangre. Al aumentar

la actividad de un grupo de neuronas se produce la vasodilatación local aumentando la oxigenación en sangre y disminuyendo la concentración de desoxihemoglobina aumentando así la señal de contraste BOLD (dependiente del nivel de oxígeno en sangre).

El Análisis de Componentes Independientes (ICA) permite descomponer la señal BOLD obtenida a partir de una imagen de resonancia magnética funcional en estado de reposo (rs-fMRI) en redes funcionales independientes y así obtener información sobre la conectividad funcional (CF) del cerebro. Este método se basa en la periodicidad de la señal, regulada por la respuesta hemodinámica funcional (HRF).

**MATERIALES Y MÉTODOS.** Se analizaron imágenes de resonancia magnética de 15 sujetos control, adquiridas en un escáner 3.0 Tesla, modelo Signa PET/MR de General Electric (GE), utilizando su bobina neurovascular. En primer lugar se adquirió una imagen volumétrica ponderada en T1, con la secuencia fast spoiled gradient echo (FSPGR 3D) de alta resolución, para utilizarse como evaluación y referencia anatómica. Luego, con la misma geometría, se obtuvo la rs-fMRI, con la secuencia echo planar imaging-gradient eco (EPI-GRE). Los parámetros de movimiento de traslación y rotación del paciente se monitorearon mediante la aplicación Brainwave (GE), con una tolerancia de movimiento de 3 mm o 3°. Para el procesamiento de las imágenes, primero se realizó un preprocesamiento, en el que se corrigieron los artefactos por movimiento y las desviaciones de baja frecuencia mediante la herramienta MC-FLIRT (Motion Linear Image Registration Tool) del software FSL. Una vez hechas estas correcciones, se realizó el análisis ICA estándar en dos dimensiones a los archivos de entrada, cada uno de los cuales es representado como una matriz bidimensional de tiempo por espacio. Se utilizó la función de descomposición optimizada lineal exploratoria multivariante en componentes independientes (MELODIC) de FSL, para descomponer a cada matriz en pares de mapas temporales y espaciales. Finalizado este proceso, se identificaron visualmente las diferentes redes neuronales activadas, teniendo en cuenta el espectro y el dominio temporal de la señal en cada caso. Los mapas espaciales de las redes neuronales identificadas se exportaron en formato Nifti para ser visualizadas y registradas con el resto de las imágenes en el software 3D Slicer.

**RESULTADOS.** Los mapas obtenidos con la técnica ICA se cuantificaron a partir del z-score y se obtuvieron varianzas entre 0,5 % y 3 %. La identificación de las redes neuronales se categorizó en 3 grupos: muy frecuente, frecuente y poco frecuente. Se lograron reconocer en la primera clase las redes visual y de modo default (DMN); en la segunda, las redes frontoparietal, sensorimotora y auditiva; y en la última, las redes de lenguaje y saliencia.

**CONCLUSIONES.** Finalmente, las redes neuronales identificadas mediante ICA

fueron contrastadas con neurorradiólogos expertos mostrando una concordancia espacial con las redes estandarizadas en neurología clínica.

## FM-5 **Asesoramiento en Radioprotección al Hospital Público**

Calandrón V<sup>1</sup>, Menéndez M D C<sup>1</sup>, Cedola P<sup>1</sup>, Montero E<sup>1</sup>, Taube M<sup>1 2</sup>, Hernández González O M<sup>3</sup>, Corti A<sup>1 4</sup>, Damonte L<sup>1 5</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata*

<sup>2</sup> *Centro de Investigaciones y Transferencia Santa Cruz CONICET*

<sup>3</sup> *CONICET - Universidad Nacional de La Plata*

<sup>4</sup> *Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas, CONICET y Universidad Nacional de La Plata*

<sup>5</sup> *Instituto de Física de La Plata, CONICET*

Cuerpo vacioLas personas se exponen diariamente, tanto a radiación de origen natural como a radiación artificial. Esta última abarca, desde la generación de energía nuclear hasta el uso médico con finalidad diagnóstica o terapéutica. La mayor fuente artificial de radiación ionizante proviene de las exposiciones médicas (equipos de rayos X, tomógrafos o aceleradores lineales) tanto para el paciente como para el trabajador. Ante esta situación la aplicación de los principios de protección radiológica es indispensable. Por otro lado, el avance tecnológico de las últimas décadas hizo posible el desarrollo de equipos modernos de alta complejidad, que trajeron aparejada la necesidad de que las instituciones cuenten con personal altamente calificado para el uso y manejo responsable de estos equipos. La radiología intervencionista es una de las prácticas médicas que genera la mayor dosis de radiación tanto en el paciente como en el personal ocupacionalmente expuesto. Por tanto, resulta imprescindible aplicar adecuadamente principios de radioprotección a fin de reducir la dosis de exposición evitando la ocurrencia de lesiones graves. Desde el Laboratorio de Dosimetría y Protección Radiológica (LaDoPro), Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, abordamos el asesoramiento a hospitales públicos y servicios privados en cuestiones de radioprotección en intervencionismo. A partir de las observaciones realizadas es pertinente señalar la necesidad de optimizar los protocolos llevados adelante. Asimismo, se realizó el asesoramiento sobre elementos de protección para el personal y se propuso la realización de cursos de capacitación para residentes y público en general. El conocimiento de cómo protegerse y proteger a los pacientes es crucial, por lo que se hizo hincapié en la necesidad de información y actualización continua en temas de protección radiológica.

-Valentin, Jack. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures, ICRP Publication 85. Annals of the ICRP. 30.2 pp.64 (2000). -Posters and leaflets about radiation protection:Radiation Protection of Patients (RPOP)-IAEA,

## FM-6 Cálculo de poderes de frenado y valores-W por impacto de electrones en Aire

Tessaro V<sup>1 2 3</sup>, Olivieri J<sup>2</sup>, Gervais B<sup>4</sup>, Beuve M<sup>1</sup>, Galassi M E<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> *Institute de Physique Nucléaire de Lyon, Université Lyon 1, Villeurbaine, Francia*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>3</sup> *Grupo de Física Biomédica - IFIR (CONICET - UNR)*

<sup>4</sup> *Centre de Recherche sur les Ions, les Matériaux et la Photonique (UMR6252), CEA/CNRS/ENSICAE de Caen-Basse Normandie UCBN, CIMAP-CIRIL-Ganil, BP 5133, 14070, Cedex 05 - Caen (France)*

La dosimetría de referencia en radioterapia convencional (haces de fotones y electrones) y en Hadronterapia (haces de iones) se realiza en agua líquida utilizando cámaras de ionización [1]. Dichas cámaras contienen aire y un electrómetro que mide el porcentaje de ionización del gas, que es directamente proporcional a la dosis depositada (energía media impartida en el medio por unidad de masa). Para determinar la dosis a partir de la lectura del dosímetro se requieren de ciertos parámetros físicos, entre ellos los más relevantes son los poderes de frenado en agua y en aire y los valores W en aire. Este último se define como la energía media requerida para generar un par iónico luego de la completa disipación de la energía inicial de la partícula incidente en el medio, y es el que mayor incerteza aporta al cálculo de la dosis física en Hadronterapia. Por eso resulta relevante su estudio. El caso de impacto de electrones resulta fundamental para poder aplicarlo luego al caso de impacto de iones rápidos utilizados en Hadronterapia, ya que los electrones generados por ionización pueden tener a su vez energía suficiente para generar sucesivas ionizaciones y provocar así una cascada de electrones secundarios.

En este trabajo se presenta el cálculo de poderes de frenado y valores W por impacto de electrones en aire. Los poderes de frenado se obtuvieron utilizando la Aproximación de Frenado Continuo (CSDA en inglés). Los valores-W se calcularon utilizando diferentes métodos: i) aplicando la formulación de Inokuti [2] (basada en la CSDA) y ii) mediante la simulación Monte Carlo MDM [3], basada en la naturaleza estocástica de la interacción de la radiación con la materia. Para el primer método se utilizó la ecuación de Fowler para el cálculo de los pares iónicos generados por el impacto de electrones, empleando un método recursivo. Se consideraron las secciones eficaces de ionización y excitación electrónica al ser los mecanismos de deposición de energía más relevantes, como también la emisión de electrones Auger. Los resultados obtenidos aplicando los distintos métodos presentan un buen acuerdo con valores experimentales y datos recomendados.

[1] Reporte Técnico TRS 398, IAEA (2000).

[2] Inokuti, M. 1975. Ionization Yields in Gases under Electron Irradiation. *Radiation Research* 64 (1). <https://doi.org/10.2307/3574165>.

[3] Tessaro, V B, F Poignant, Benoit Gervais, M Beuve, and M. E. Galassi. 2019. Theoretical Study of W-Values for Particle Impact on Water. *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B*. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2018.11.031>

## FM-7 CAPACITACIÓN CONTINUA EN SEGURIDAD Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EQUIPAMIENTO ODONTOLÓGICO

Lucrecia G<sup>1</sup>, Enzo A<sup>1</sup>, Rodrigo L<sup>1</sup>, Corti A<sup>1 2</sup>, Laura D<sup>3 1</sup>, Taube M<sup>1 4</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata*

<sup>2</sup> *Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas, CONICET y Universidad Nacional de La Plata*

<sup>3</sup> *Instituto de Física de La Plata, CONICET*

<sup>4</sup> *Centro de Investigaciones y Transferencia Santa Cruz CONICET*

El uso de Radiaciones ionizantes en la exposición médica es la principal causa por la que los seres humanos se exponen a radiación. En las últimas décadas ha habido un aumento significativo de la utilización de equipos con fines diagnósticos, causando un aumento en la dosis recibida, no sólo para los trabajadores sino también para pacientes y público en general. Para dar respuesta a los requerimientos de la ley nacional N° 26906 y ley provincial N° 14583, en 2019 se creó el Laboratorio de Dosimetría y Protección Radiológica (LaDoPro) en la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP, con el fin de ser un brazo ejecutor y planificador de proyectos integrales donde convergen la docencia, investigación y extensión en el uso de Radiaciones Ionizantes en diagnóstico. Dado que para el óptimo manejo de la radiación ionizante se requiere una capacitación continua y actualizada en seguridad y protección radiológica, desde el LaDoPro se elaboró un proyecto de capacitación y asesoramiento específico para odontólogos y técnicos. Dicho proyecto se plantea en dos etapas: en la primera se propone la realización de cursos y protocolos de controles de calidad en Radiología Odontológica para ser implementados en centros primarios de atención en zonas vulnerables de la Provincia de Buenos Aires. En la segunda, el proyecto busca realizar controles de calidad de equipamiento médico odontológico que utiliza radiaciones ionizantes. Además, se realizarán levantamientos radiométricos en las zonas adyacentes a los equipos, con el fin de verificar las dosis que reciben trabajadores y miembros del público. Luego, se verificarán las dosis a las que están expuestos los pacientes, para realizar una comparativa con dosis empleada a nivel internacional. Se espera que los cursos y protocolos desarrollados en el marco de este proyecto puedan ser replicados en instituciones públicas y privadas de otras zonas de la provincia.

## FM-8 **Caracterización de la interacción eritrocitaria mediante técnicas ópticas**

Roldan G D<sup>1</sup>, Toderi Cicchini M A<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>2</sup> *Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR*

El objetivo de este trabajo fue estudiar la propiedad que presentan los glóbulos rojos de agruparse en forma de pilas de monedas llamado agregación. El estudio del fenómeno de agregación de globulos rojos es de gran interés por parte de distintas disciplinas como caracterizador de patologías y condiciones reológicas de la sangre. Es por ésto que la Física Biomédica toma partido en la obtención de modelos consistentes y parámetros de caracterización rápidos y simples que permitan diagnosticar y prevenir alteraciones sanguíneas. Se utilizaron dos técnicas distintas para caracterizar el dicho fenómeno: transmisión de luz laser y biospeckle.

Para el análisis de la agregación eritrocitaria se utilizó sangre humana in vitro de pacientes sin enfermedades que alteren las condiciones naturales del fenómeno. Se prepararon y estudiaron muestras entre 30 % y 60 % de hematocrito (parte celular de la sangre) en plasma, teniendo como referencia valores medios en humanos entre 36 % y 53 %. Se obtuvieron con la técnica de trasmisión de luz laser, curvas características de la evolución temporal del fenómeno, y distintos parámetros de caracterización del mismo; los cuales son comparables con distintos trabajos anteriormente publicados. En cuanto al biospeckle se obtuvieron distintos índices de correlación entre las imágenes obtenidas, dando lugar a un estudio temporal de comparación entre distintas fotografías de speckle. Dicho índice es utilizado por diversos trabajos de estudio de agregación, pudiendo comparar resultados con los mismos. Por último se analizó la evolución del tamaño de grano del biospeckle para cada hematocrito. Esta caracterización es innovadora en la rama de estudio eritrocitario.

## FM-9 **Caracterización de las propiedades luminiscentes del LiMgF<sub>3</sub>:Eu con interés en dosimetría**

Sala Crist A<sup>1</sup>, Cruz-Zaragoza E<sup>2</sup>, Marcazzó J<sup>3 4</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México*

<sup>3</sup> *Instituto de Física Arroyo Seco - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>4</sup> *Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN) ? UNCPBA ? CONICET. Tandil, Argentina.*

Cuando un material aislante o semiconductor es irradiado, las cargas excitadas pueden acabar atrapadas en centros metaestables. Dichas cargas pueden vaciarse posteriormente utilizando distintos métodos de estimulación. La relajación radiativa de las cargas involucra la emisión de luz, y en función de la técnica utilizada para estimular las cargas, el fenómeno de luminiscencia se denomina termoluminiscencia (TL) o luminiscencia estimulada ópticamente (OSL). En general, la luz emitida es proporcional a la radiación absorbida, luego mediante una medición de la luminiscencia estimulada puede estimarse la dosis que recibió el material.

En este trabajo se presentarán los resultados del estudio preliminar de las propiedades luminiscentes del  $\text{LiMgF}_3$  dopado con un 2% molar de Eu. Se realizaron ensayos de termoluminiscencia y luminiscencia estimulada ópticamente, para determinar si este es un material promisorio para dosimetría. En particular se analiza la repetitividad de la señal luminiscente, y la respuesta ante distintas dosis de radiación recibida. Adicionalmente, se analizó la respuesta TL post ensayos OSL para determinar si los centros trampas que participan en ambas técnicas son los mismos.

## **FM-10** Desarrollo de accesorios paciente-específico para tratamientos de teleterapia y braquiterapia superficial

Bottcher S<sup>1</sup>, Destri S<sup>3</sup>, Brezán R<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Córdoba

<sup>2</sup> INTECNUS (Instituto de Tecnologías Nucleares para la Salud)

<sup>3</sup> CNEA-INTECNUS (Instituto de Tecnologías Nucleares para la Salud)

En este trabajo se evalúa la viabilidad de fabricar con impresora 3D accesorios paciente-específico para tratamientos de teleterapia y de braquiterapia superficial. Para esto, se realizó un estudio de la atenuación a la radiación producida por el PLA, material utilizado para la construcción de los moldes. Las pruebas se llevaron a cabo irradiando con un acelerador lineal Elekta Synergy Full distintos fantomas y detectores. Se utilizaron energías de haces de fotones de 6MV. Además, se simuló las mismas irradiaciones en el sistema de planificación Monaco. De ambas pruebas se obtuvo el resultado del comportamiento del material frente a la radiación, de modo de poder utilizarlo al simular tratamientos reales.

Se realizaron moldes de prueba utilizando imágenes CT de diferentes pacientes. Se construyó un bolus para el tratamiento de teleterapia de una oreja y un aplicador para administrar el tratamiento de braquiterapia en nariz con una fuente de  $^{60}\text{Co}$ . Ambos moldes parten del diseño de la estructura de un bolus en Monaco a partir de la tomografía del paciente, para continuar el proceso de diseño en diversos programas de software libre.

Los aplicadores se diferencian de los bolus al albergar en su interior canales en los cuales se insertan las agujas por donde circula la fuente radiactiva, controlada por el equipo de carga diferida Flexitron (Elekta). Para un correcto diseño de estos, se realizaron diferentes pruebas para determinar el diámetro de canal óptimo. Se utilizó el software de planificación Oncentra Brachy para simular un tratamiento sobre un aplicador diseñado con tal fin, evaluando su robustez y calidad dosimétrica.

## FM-11 Detección de fibrosis en imágenes de cardi resonancia mediante técnicas de Inteligencia Artificial

Jiménez P<sup>1 2</sup>, Curiale A H<sup>3 1 2</sup>, Mato G<sup>1 2 4</sup>, Calandrelli M E<sup>1 5</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Procesamiento de Señales e Imágenes - Departamento de Física Médica - CONICET - Centro Atómico Bariloche

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Applied Chest Imaging Laboratory, Brigham and Womens Hospital ? Harvard Medical School, Boston, MA, USA

<sup>4</sup> Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>5</sup> Sanatorio San Carlos Carlos, San Carlos de Bariloche, Río Negro

Las técnicas de inteligencia artificial (IA), y en especial las de aprendizaje automático han demostrado ser herramientas poderosas para abordar un gran número de problemas en el área de la cardiología (1). En este trabajo buscamos aplicar estas técnicas a la detección y cuantificación de daño tisular en miocardio por medio de imágenes cine CMR. Normalmente estos daños se detectan con imágenes que utilizan agentes de contraste como el gadolinio. Sin embargo, en trabajos previos (2) se ha mostrado que las texturas asociadas a imágenes CMR presentan información relevante incluso cuando esta es imperceptible al ojo humano, permitiendo identificar patrones relevantes para detectar y cuantificar estas lesiones.

Realizamos un estudio retrospectivo observacional en 75 sujetos con diversas patologías y sujetos con diagnóstico normal. Sobre estos pacientes se adquirieron imágenes cine CMR e imágenes de realce tardío LGE. De estos 75 pacientes, 35 presentaban lesiones en el tejido miocárdico, las cuales fueron detectadas y segmentadas por un cardiólogo, a través de las imágenes LGE. Obtenemos entonces imágenes volumétricas cine CMR con el ventrículo derecho y el miocardio segmentados, e imágenes volumétricas LGE con el miocardio y las lesiones segmentadas (siempre que las tuvieran).

A partir de las imágenes obtenidas, tomamos porciones (*patches*) de 11x11 píxeles centradas en vecindarios de 11x11 alrededor de regiones aleatorias del miocardio, de forma tal que la mitad de estos contengan píxeles con lesión (en distinta cantidad). Estos *patches* comprenden la base de datos que utilizamos en nuestro método para detectar la fibrosis en imágenes CMR. Dicho método está formado por un autoen-

coder convolucional y un perceptrón multicapa, entrenados bajo distintos criterios. Estudiamos la precisión del modelo propuesto, tanto para la clasificación de *patches* según la presencia o ausencia de lesión, como para la cuantificación del daño. Entrenamos nuestro modelo utilizando aumentación de datos, agregando la información de la posición relativa al centro de masa del VI y la segmentación de las regiones del VI. Los resultados muestran que se logra aumentar la precisión del modelo al utilizar tanto la aumentación de datos como la información fisiológica del VI, obteniendo una precisión máxima del 85 % en el conjunto de validación para la clasificación binaria de *patches*. Una vez entrenado nuestro modelo, definimos estrategias para trasladar su capacidad de predicción a resultados clínicamente relevantes. Para ello creamos imágenes que cuantifican la lesión en cada píxel del miocardio. Además generamos fingerprints para cada paciente, las cuales procesamos con modelos simples basados en redes recurrentes para obtener predicciones respecto a la cantidad de lesiones para cada imagen y para cada paciente. Obtenemos una precisión del 74 % para reconocer la presencia de lesiones en una imagen a partir de estos fingerprints.

Este trabajo muestra el potencial del uso de un modelo basado en redes neuronales para identificar la fibrosis en el miocardio a partir de imágenes cine CMR. De acuerdo con nuestro conocimiento, este es el primer estudio en el país que evaluó técnicas de inteligencia artificial para cuantificar lesiones del tejido miocárdico solamente utilizando imágenes cine de cardi resonancia. Logramos identificar fibrosis en imágenes cine CMR, obteniendo una precisión aceptable. El desarrollo y mejora de estas técnicas podría permitir la detección de daño tisular sin la necesidad de recurrir a agentes de contraste como el gadolinio. Sin embargo, es necesario extender el trabajo a un mayor número de casos, utilizando distintos equipos y pacientes con lesiones de diferentes etiologías, de forma tal de reducir el error observado, mejorar la precisión y validar la metodología propuesta en una población mayor.

### Bibliografía

[1]- Larroza A, López-Lereu MP, Monmeneu JV, et al. *Med Phys*. 2018;45(4):1471-1480. doi:10.1002/mp.12783

### Publicaciones

[2]- Curiale A, Cabrera F, Jimenez P, et al. *Revista Argentina de Cardiología*. 2022; 90(2).

## FM-12 Diseño de fantoma para caracterización dosimétrica de detectores de alanina con una fuente <sup>60</sup>Co para braquiterapia de alta tasa de dosis

Tolabin D<sup>1, 2</sup>, Carrasquero M A<sup>3, 1</sup>, Alejandro G<sup>3</sup>, Butera A<sup>3</sup>, Alfonso R<sup>4</sup>, Soldati A<sup>5, 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> CNEA-INTECNUS (Instituto de Tecnologías Nucleares para la Salud)

<sup>3</sup> *Laboratorio de Resonancias Magnéticas, Centro Atómico Bariloche, Gerencia de Física, CNEA.*

<sup>4</sup> *Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, CUBA*

<sup>5</sup> *INN-CONICET*

El interés en el uso de detectores de alanina en el ámbito de la radioterapia externa e interna, como la braquiterapia y radioterapia interna selectiva (SIRT)<sup>[1]</sup> ha adquirido relevancia en los últimos años. Estos detectores brindan las ventajas de ser equivalentes al tejido humano, presentar una alta independencia energética y una baja interferencia en su respuesta en presencia de campos magnéticos<sup>[2][3]</sup>. Además, una vez irradiados, la señal almacenada tiene una alta estabilidad, siendo posible medirlos de forma no destructiva, sin cambios significativos en sus lecturas en múltiples ocasiones, a lo largo de períodos mayores a años. Dadas estas características, los detectores de alanina se utilizan en laboratorios de calibración primarios para determinación de estándares<sup>[4]</sup>, en caracterizaciones de equipos híbridos de tipo acelerador lineal/resonador magnético (Linac/MR)<sup>[3]</sup> y son de interés en investigaciones relacionadas al uso de nano y micropartículas para determinar la potenciación de la dosis local entregada en tratamientos radiantes, al poder sintetizarse detectores dopados con estos nuevos materiales<sup>[5]</sup>.

Dado que el rango típico de dosis de trabajo de los detectores de alanina se encuentra por encima de 20Gy<sup>[2]</sup>, es de interés para esta última aplicación determinar la dosis mínima medible con una incertidumbre aceptable, como parte de la optimización de su uso en aceleradores lineales clínicos de la Fundación INTECNUS-CNEA. Para ello, se propone utilizar la fuente de <sup>60</sup>Co de braquiterapia de alta tasa de dosis (HDR), también disponible en INTECNUS. La ventaja de utilizar la fuente de <sup>60</sup>Co en lugar del acelerador es que, el uso del primero no supone desgastes significativos para el equipo. En contrapartida, al tener la fuente un gradiente alto de dosis, errores de posicionamiento menores al milímetro podrían traducirse en errores dosimétricos de un 20 por ciento, e irradiaciones fuera del área de alto gradiente implicarían tiempos de irradiación mayores a las 10 horas por detector, acorde a los cálculos realizados con el sistema de planificación de tratamientos Oncentra Brachy, utilizado para planificaciones de pacientes.

En este trabajo, presentamos los resultados obtenidos utilizando un fantoma de diseño propio realizado en acrílico, con dos canales de recorrido de la fuente equidistantes al detector muestreado, siendo el módulo central extraíble para posicionar los detectores de alanina o cualquier otro tipo de detector de interés, como films radiocrómicos, detectores de luminiscencia (TLD/OSLD) o incluso cámaras de ionización. Además de evaluar la sensibilidad del conjunto dosimétrico de alanina (detector, sistema de lectura y protocolo de medición), el diseño de este fantoma permitirá ampliar la gama de controles de calidad que se realizan actualmente en la institución, haciendo factible

incluso la implementación de un programa de auditorías dosimétricas en condiciones de referencia y en condiciones clínicas.

#### Referencias

- [1] Brühlmann S.A. (2020), Puesta a punto de la irradiación, control de la calidad radionucleídica y comportamiento en fantasmas de microesferas con  $^{32}\text{P}$  para radioembolización. Tesis de grado de Ingeniería Nuclear, IB-Uncuyo.
- [2] Galante, O.L., O. Rodrigues junior L.L campos (2014). Development of a Dosimeter for High Doses Assessment Based On Alanine/ EPR 10th international congress of the international radiation protection association. P-3b-191.
- [3] Billas, I., Bouchard, H., Oelfke, U., Shipley, D., Gouldstone, C. Duane, S. (2020). Alanine dosimetry in strong magnetic fields: use as a transfer standard in MRI-guided radiotherapy. *Physics in Medicine Biology*, 65(11), 115001.
- [4] <https://www.npl.co.uk/products-services/radiotherapy/alanine-reference-dosimetry>. Página web disponible al 28/07/2022.
- [5] Wolfe, T., Guidelli, E. J., Gómez, J. A., Baffa, O., Nicolucci, P. (2015). Experimental assessment of gold nanoparticle-mediated dose enhancement in radiation therapy beams using electron spin resonance dosimetry. *Physics in Medicine Biology*, 60(11), 4465.

## **FM-13** Diseño de interfaz en lenguaje Python para el procesamiento de microfotografías: aplicación a la evaluación de la actividad hemorreológica de fitoquímicos

Gómez M<sup>1</sup>, Buszniez P<sup>1</sup>, Castellini H<sup>2</sup>, Riquelme B<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas - Universidad Nacional de Rosario

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

<sup>3</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

Durante el estudio comparativo in vitro de la actividad hemorreológica de fitoquímicos con propiedades antidiabéticas, se necesita procesar una gran cantidad de imágenes digitales de glóbulos rojos de dadores sanos, tratadas con los fitoquímicos e incubadas en medios con distintas concentraciones de glucosa a fin de modelizar in vitro en forma controlada lo que ocurre in vivo en pacientes diabéticos. El protocolo de trabajo con dichas imágenes incluye la determinación del porcentaje de células aisladas, el parámetro S de agregación y el coeficiente de células aisladas (CCA). Para optimizar el proceso de obtención de estos parámetros, se desarrolló un programa en lenguaje Python que permite analizar las imágenes digitales tomadas con una cámara acoplada a un microscopio invertido, aplicarles un balance de blancos para mejorar el contraste células-fondo y realizar el conteo de las células totales (incluidas aquellas que no se

encuentran aisladas, sino formando reuleaux). Además, se diseñó una interfaz onlick para facilitar el manejo del programa a operarios no familiarizados con recursos informáticos. Este nuevo diseño será de utilidad además para el análisis de las imágenes obtenidas por microscopía de muestras de glóbulos rojos de pacientes así también como tratadas in vitro con diferentes agentes.

## FM-14 **Dispositivo para medir impedancias y controlar electroplating en tetrodos para neurofisiología**

Szmidt F<sup>1</sup> <sup>2</sup>, Gauto I<sup>1</sup> <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *CONICET - Universidad de Buenos Aires, IFIBIO Houssay,*

En el estudio de neurofisiología de animales, es común la inserción de electrodos en el cerebro de roedores para medir la actividad eléctrica de sus neuronas. Una técnica usual consiste en utilizar cuatro electrodos en posiciones ligeramente distintas, lo que permite diferenciar la actividad de neuronas individuales. Los electrodos usados en esta tarea tienen diámetros de entre 10 y 20  $\mu\text{m}$ , y la punta resulta en una alta impedancia, a la que se le asocia ruido térmico, y que es propensa a captar ruido externo. Por estas razones, para prevenir la corrosión y mejorar la biocompatibilidad, se realiza un electroplating de oro [1]. Para eso, es necesario un dispositivo que mida la impedancia, y otro que controle la corriente que realiza el platinado. Si bien estos dispositivos existen en el mercado, pueden construirse por un precio mucho menor utilizando componentes electrónicos simples y un osciloscopio [2]. En este trabajo construimos dicho dispositivo, y disminuimos aún más el costo al reemplazar el osciloscopio por una placa Arduino.

[1] DA Robinson, *Proceedings of the IEEE*, VOL. 56, NO. 6, (1968)

[2] <https://github.com/MatsumotoJ/Tetroplater>

## FM-15 **Efecto de extractos acuosos de *Phyllanthus sellowianus* sobre las propiedades viscoelásticas de glóbulos rojos humanos. Actividad antidiabética**

Mascaro Grosso H<sup>1</sup>, Buszniez P<sup>1</sup>, Castellini H<sup>2</sup>, Riquelme B<sup>1</sup> <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>3</sup> *Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR*

El sarandí blanco (*Phyllanthus sellowianus*) es un arbusto hidrófilo de la familia de las filantáceas utilizado como apoyo al tratamiento de la diabetes, siendo de interés actual el estudio de su mecanismo de acción y su hemocompatibilidad para futuros usos terapéuticos. La diabetes se caracteriza por la hiperglucemia la cual produce la glicación de los glóbulos rojos, alterando sus propiedades mecánicas y de agregación. El objetivo de este trabajo es estudiar las alteraciones de los parámetros viscoelásticos de glóbulos rojos humanos glicados in vitro e incubados con extracto de hojas y corteza de *Phyllanthus sellowianus* obtenidos por distintos métodos de extracción (infusión, cocimiento, digestión y maceración). Se utilizaron glóbulos rojos de dadores sanos, los cuales fueron incubados con soluciones de glucosa a fin de simular in vitro la hiperglucemia que ocurre in vivo en la diabetes. La evaluación de las propiedades mecánicas de los glóbulos rojos fue realizada utilizando el Reómetro Eritrocitario por quintuplicado. Los resultados no mostraron diferencias significativas con respecto al control en el índice de deformabilidad ni en el módulo elástico de la membrana de los glóbulos rojos para ninguna de las muestras tratadas. Los valores de la viscosidad superficial de membrana de las muestras de glóbulos rojos glicados fueron superiores al control ( $p < 0,01$ ). En cambio, las muestras de glóbulos rojos glicados y tratadas con los extractos de *Phyllanthus sellowianus* presentaron valores de viscosidad superficial de membrana más cercanos al control, especialmente la muestra de glóbulos rojos glicados incubada con el extracto de maceración presentó el mismo valor del control. En consecuencia, estos resultados indican que el tratamiento in vitro con los extractos de *Phyllanthus sellowianus* revertirían los efectos de la glicación sobre la viscoelasticidad eritrocitaria en situaciones similares a la de la hiperglucemia que ocurre en la diabetes. Por lo tanto, este estudio brinda información de gran importancia para la comprensión de los mecanismos de acción por los cuales el *Phyllanthus sellowianus*, o sus componentes químicos, son utilizados como antidiabéticos en fitomedicina.

## **FM-16 Efectos dosimétricos por combinación sinérgica de nanopartículas magnéticas e hipertermia en tratamientos de radioterapia guiada por imágenes de tipo MRI-LINAC**

Gayol A<sup>1</sup>, Ribo Montenovó C<sup>2</sup>, Malano F<sup>3</sup>, Valente M<sup>1, 2, 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola, IFEG-CONICET, Argentina

<sup>2</sup> Laboratorio de Investigación e Instrumentación en Física Aplicada a la Medicina e Imágenes por Rayos X (LIIFAMIRx) - FAMAFA - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

<sup>3</sup> Centro de Física e Ingeniería en Medicina - CFIM Departamento de Ciencias Físicas, Universidad de La Frontera, Chile.

La finalidad de la radioterapia es la eliminación de las células malignas preservando los tejidos y órganos sanos de daños colaterales indeseables. Durante los últimos años

se han incorporado técnicas capaces de mejorar la precisión terapéutica incorporando sistemas para guiar la aplicación del tratamiento por medio de imágenes *online*, entre los que se destaca la integración de la resonancia magnética nuclear a los aceleradores de partículas, denominado *MRI-LINAC*. Trabajos recientes han demostrado que la eficacia de las técnicas radioterapéuticas modernas podría verse significativamente mejorada por medio de la utilización de agentes basados en nanopartículas de alto número atómico, gracias a su capacidad teranóstica, aportando refuerzo dosimétrico a nivel local y biomarcación aprovechando la emisión fluorescente y el contraste de absorción. Asimismo, avances recientes han demostrado la factibilidad a nivel clínico de implementar la hipertermia como agente radiosensibilizador. Sin embargo, no existen aún abordajes integrales incorporando y complementando sinérgicamente los efectos dosimétricos derivados de las nanopartículas y de la hipertermia. El presente trabajo presenta los lineamientos generales de una metodología para determinar los efectos dosimétricos debidos a la aplicación simultánea de radioterapia de alta precisión de tipo MRI-LINAC con infusión de nanopartículas magnéticas conjuntamente con hipertermia local aplicada al volumen tumoral. La contribución de refuerzo a la dosis debida a la presencia de nanopartículas, de características estocásticas, se modela con métodos de simulación Monte Carlo, mientras que la radiosensibilización por efecto térmico se estima a partir de modelos termodinámicos junto a evidencia empírica de efectos en vías celulares de referencia. Los resultados obtenidos, así como la comparación con datos previamente reportados, muestran la viabilidad de la metodologías propuesta, destacando la capacidad de proveer descripciones cualitativas y cuantitativas del efecto integral derivado de la combinación de nanopartículas con hipertermia en radioterapia guiada por imágenes de tipo MRI-LINAC, lo que podría denominarse *nanotermodradioterapia*.

## **FM-17 Elementos finitos y MonteCarlo para el modelado del efecto de aparatos ortopédicos sobre el crecimiento óseo.**

Alonso G<sup>1 2</sup>, Yawny A<sup>1 2 3</sup>, Bertolino G<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> División Física de Metales, Centro Atómico Bariloche, CNEA

<sup>3</sup> CONICET

El tratamiento de diversas deformidades patológicas de los huesos largos y vértebras se basa frecuentemente en la modulación del crecimiento mediante la aplicación controlada de cargas mecánicas. De esta manera se alteran los procesos de osificación y crecimiento que tienen lugar en una región denominada cartílago de crecimiento, placa epifisiaria o fisis, logrando de esta manera una corrección. Las aleaciones con memoria de forma tienen propiedades mecánicas pseudoelásticas que las hacen ade-

cuadas para la fabricación de elementos capaces de ejercer los esfuerzos necesarios, manteniéndolos a medida que la corrección progresa. Sin embargo, a la fecha el tratamiento ortopédico de las desviaciones laterales de rodilla continúa siendo un método controvertido para la modulación del crecimiento. Debido a que sólo es aplicable durante una ventana de tiempo que abarca la niñez y la adolescencia temprana, se hace necesario aprovechar al máximo el tiempo disponible. En tal sentido, la utilización de aleaciones con memoria de forma permitiría mejorar sensiblemente la efectividad de las ortesis utilizadas convencionalmente.

En la actualidad no existen estándares aceptados para la cuantificación de las cargas mecánicas que deben generar los dispositivos ortopédicos, lo cual constituye un punto clave para su aplicación práctica. En este trabajo generamos un modelo de elementos finitos personalizado para una paciente de 10 años de edad, que utilizamos para cuantificar los niveles de carga seguros a aplicar sobre la rodilla. Con este estimamos que una carga mecánica equivalente a un momento flector de 1,1 Nm produciría esfuerzos sobre la rodilla un orden de magnitud menores a los que ocurren durante actividades típicas del día a día. Sin embargo, determinamos también que la aplicación sostenida de este esfuerzo entraña el riesgo de producir un daño sobre la placa epifisiaria.

Utilizamos un modelo tensorial del crecimiento óseo [1,2] para estimar el efecto de la aplicación de la carga mecánica obtenida con el criterio anterior, contemplando la estocasticidad propia del fenómeno modelado mediante la aplicación de la técnica de MonteCarlo. Comparamos los efectos de la aplicación de una carga mecánica invariante con los generados por una ortesis convencional, cuya carga disminuye en proporción a la corrección alcanzada. De esta manera, estimamos que mediante una ortesis que aproveche el efecto pseudoelástico de las aleaciones con memoria de forma para ejercer un esfuerzo invariante sería posible corregir desviaciones en el ángulo tibio-femoral a tasas en el orden de  $(7 \pm 4)^\circ/\text{año}$ . Esta velocidad de corrección es similar a la obtenida mediante otros métodos de modulación del crecimiento más invasivos, y representaría una reducción del orden del 25% en el tiempo necesario para reducir a la mitad deformidades de  $(10 \pm 5)^\circ$  comparado con el tiempo que requiere el uso de ortesis convencionales.

[1] M. G. Alonso, A. Yawny, and G. Bertolino. How do bones grow? a mathematical description of the mechanobiological behavior of the epiphyseal plate. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, págs. 1617-7940, Junio 2022.

[2] M.G. Alonso, A. Yawny, and G. Bertolino. A tool for solving bone growth related problems using finite elements adaptive meshes. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, Noviembre 2021.

**FM-18** **El laboratorio de biomecánica para el estudio cinemático y cinético de grupos y multitudes**

Muñoz J C<sup>1</sup>, Represas G<sup>2</sup>, Toscano P<sup>3</sup>, García Piccinini O<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Ciencias de la Rehabilitación y el Movimiento, UNSAM*

<sup>2</sup> *Instituto de Ciencias de la Rehabilitación y el Movimiento (UNSAM)*

<sup>3</sup> *UNSAM . Laboratorio de Biomecánica*

Aprovechando el espacio y equipamiento del Laboratorio de Biomecánica de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) hemos realizado un estudio experimental haciendo pasar a un grupo de 40 personas a través del marco artificial de una puerta simulando una evacuación de emergencia. Dicho marco se ubicó centrado sobre dos plataformas de fuerzas adyacentes y se aprovecharon los marcadores reflectantes para seguir la trayectoria, velocidad y aceleración de un subgrupo de 6 integrantes distribuidas en forma no aleatoria entre el grupo general. A partir de los datos obtenidos se registraron por separado las señales de fuerzas sobre ambas plataformas y simultáneamente las variables cinemáticas del subgrupo mencionado. Además, a partir de las filmaciones tomadas por distintas cámaras a nivel del techo se pudo visualizar y seguir las acciones y movimientos realizados por todo el grupo. Con la información obtenida se analizaron y entrecruzaron datos para completar un estudio cinemático y dinámico simultáneamente. Actualmente estamos escribiendo un artículo con los resultados. Entre los aspectos a mejorar se estableció la necesidad de ubicar cámaras a nivel del suelo y también a nivel del torso humano, lo que posteriormente nos permitirá estudiar la cinemática articular. Este tipo de estudios experimentales sobre casos reales puede aportar información que permita comparar y compatibilizar con estudios de simulación que se vienen realizando en el área de física de multitudes.

### **FM-19 Estimación de la dosis de radiación ionizante en pacientes de radiodiagnóstico, control de calidad y Niveles de referencia (NRD), en dos centros de salud privados de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.**

Roldan T d V<sup>1</sup>, Ausilio F O<sup>2</sup>, Arguello E R<sup>1</sup>, Lucero D H<sup>1</sup>, Diaz G M<sup>3</sup>, Quiroga M A<sup>3</sup>, Rivera C M A<sup>3</sup>, Rodriguez M C<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Dep. Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca*

<sup>2</sup> *Instituto Medico : La Comunidad*

<sup>3</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca*

Se sabe que las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes, son actualmente la principal fuente de exposición a radiación artificial a nivel global. Para prevenir dosis innecesariamente altas a los pacientes durante estas exposiciones, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) recomienda la utilización de los Niveles de

Referencia para Diagnóstico (NRD) (con su acrónimo en inglés, DRLs, Diagnostics Reference Levels), como una herramienta efectiva de ayuda a la optimización de la protección radiológica. En este trabajo se llevó a cabo la primera (de dos) etapa de la determinación de los Niveles de Referencia de Diagnóstico en dos centros de salud privados de la capital de Catamarca, Instituto Medico La Comunidad y Artrosport. En la primera etapa se realizaron mediciones de parámetros físicos, dosimétricos y no dosimétricos de los equipos de RX de ambos hospitales y de las condiciones ambientales de las salas, de los medios de protección radiológica para el operador, y el paciente, y sobre los sistemas de procesamiento (analógico o digital) y la selección de la/s magnitudes físicas necesarias para el cálculo de la dosis en paciente. Se midieron parámetros esenciales del equipo radiológico: Exactitud y Reproducibilidad del Potencial, Capa Hemirreductora (CHR) y Rendimiento de la exposición a la salida del generador de RX. En la segunda etapa y a partir de las mediciones del rendimiento de los tubos de Rayos X, se calcularán, para cada técnica, los valores de Kerma en aire a la entrada de piel, para una muestra de pacientes con parámetros antropométricos (altura, peso y espesor) dentro de valores estándar para nuestra provincia. Los estudios considerados serán Tórax y Columna en su proyección Anteroposterior. Se tomarán muestras de 20 pacientes como mínimo por sala de rayos X participante, para cumplir con lo exigido para la calidad de las imágenes y de la definición del paciente tipo, a efectos del estudio serán pacientes adultos, hombres y mujeres entre 1,65 y 1,75m de estatura y entre 65 y 75 kg de peso. Finalmente se implementará una metodología para establecer los Niveles de referencia de diagnóstico: típicos y locales (DRLs) a partir de recomendaciones del documento ICRP135 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica ICRP). La realización de mediciones de niveles orientativos periódicamente permitirá asegurar que se mantienen las buenas prácticas en el diagnóstico radiológico del Valle Central de la provincia de Catamarca.

Referencias: 1- Vañó, E., Miller, D., Martin, C., Rehani, M., Kang, K., Rosenstein, M., Ortiz-López, P., Mattsson, S., Padovani, R., Rogers, A. (2017). ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. *Annals of the ICRP*, 46(1), 1?144. <https://doi.org/10.1177/0146645317717209>. 2- Protocolo Español de Control de Calidad- IAEA-2011. 3- Protocolo ARCAL XLIX-IAEA 2012- 4- IAEA-TECDOC N° 1958- Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe- 2021

## **FM-20 Estudio Computacional de las propiedades eléctricas del hueso trabecular y su relación con la microestructura.**

Cervantes M J<sup>1</sup>, Basiuk L<sup>2 1</sup>, Carlevaro M<sup>2 1</sup>, Irastorza R M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos, CONICET-UNLP

<sup>2</sup> Grupo de Materiales Granulares, Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad Regional

*La Plata, Universidad Tecnológica Nacional*

Existen varias herramientas basadas en energía electromagnética que se utilizan para el tratamiento y la evaluación de la salud ósea. Sin embargo, las propiedades eléctricas y dieléctricas del hueso todavía se siguen estudiando. Trabajos recientes con mediciones in vitro muestran que la conductividad eléctrica del hueso trabecular se correlaciona linealmente con la fracción de volumen óseo. Nuestro trabajo tiene como finalidad evaluar las propiedades eléctricas efectivas del hueso trabecular y relacionarla con la microestructura (fracción de volumen óseo, grado de anisotropía y dimensión fractal) a partir de simulaciones computacionales. Estos modelos se construyen a partir de imágenes de microtomografía computarizada (microCT) y la estimación de la conductividad eléctrica efectiva se obtiene numéricamente con el Método de Elementos Finitos. Adicionalmente, se evalúan y se comparan las mediciones con las teorías de homogenización existentes.

## FM-21 Estudio de Factibilidad para Microesferas de $^{32}\text{P}$ en tratamientos SIRT

Bruhlmann S<sup>1</sup>, Poma A<sup>2</sup>, Yanzón M<sup>3</sup>, Soldati A<sup>4</sup> <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> CNEA-INTECNUS (Instituto de Tecnologías Nucleares para la Salud)

<sup>3</sup> Fundación Escuela de Medicina Nuclear, CNEA-UNCU

<sup>4</sup> INN-CONICET

El carcinoma hepatocelular (HCC) es uno de los principales factores de incidencia y mortalidad entre los cánceres de hígado, provocando anualmente más de medio millón de fallecidos a nivel mundial. Los tratamientos actuales para esta enfermedad, no suelen extender la esperanza de vida del mismo más allá de algunos meses, lo que se suma a una tardía detección de la patología. En este contexto, un tratamiento que logra reducir el tamaño del tumor y aliviar los síntomas, además de mejorar la expectativa de vida de los pacientes, es la radioterapia interna selectiva (SIRT) mediante el uso de microesferas (ME) con un emisor  $\beta^-$ . Además, en las últimas investigaciones clínicas se ha propuesto como una terapia alternativa a la quimioterapia en estadios tempranos a intermedios de la enfermedad. Este tratamiento se realiza en la actualidad a partir de ME comerciales de aluminosilicato o resina, ambas con  $^{90}\text{Y}$  (emisor  $\beta^-$  de período de semidesintegración de 64 horas). Debido al costo elevado de estas ME, comercializadas únicamente por dos compañías extranjeras que poseen la patente, este tratamiento no resulta tan accesible en muchos países, tal es el caso de la Argentina. En la búsqueda de alternativas se encontró que el radioisótopo  $^{32}\text{P}$ , también emisor  $\beta^-$  pero de período de semidesintegración de 14.27 días, posee características que lo posicionan como alternativa al  $^{90}\text{Y}$  en terapias SIRT. En el marco

de un proyecto de investigación de CAB CNEA-CONICET e INTECNUS se desarrollan ME vítreas con  $^{31}\text{P}$ , isótopo estable, para ser irradiadas en el reactor RA-6 y así obtener el radioisótopo  $^{32}\text{P}$  por captura neutrónica.

En este trabajo se continúa con una parte de esta línea de investigación, dedicada a los cálculos y pruebas preliminares de irradiación y al estudio del radioisótopo en un fantoma antropomórfico con el fin de evaluar los parámetros de adquisición en base a la calidad de imagen obtenida. En particular, se estudió la factibilidad de la obtención de ME de  $^{32}\text{P}$  a partir de la activación por captura neutrónica en el reactor RA-6, considerando el flujo neutrónico del mismo y las impurezas asociadas al proceso. A su vez, se realizó la adquisición y evaluación de la calidad de imágenes de distribuciones de  $^{32}\text{P}$  y de  $^{99m}\text{Tc}$  (utilizado en un radiofármaco con biodistribución similar a la de la ME) para determinar la actividad en torno al diseño e impresión 3D de un fantoma antropomórfico de hígado, desarrollado para tal fin. En forma paralela, y debido a la pandemia de COVID-19 que no permitió irradiar las ME, se llevaron a cabo simulaciones Monte Carlo con la plataforma GATE para evaluar la calidad de imagen obtenida a partir de los fotones de Bremsstrahlung del  $^{32}\text{P}$  y contrastar con las imágenes análogas obtenidas con  $^{99m}\text{Tc}$ . A su vez, estas últimas fueron comparadas con adquisiciones reales de imágenes en el equipo SPECT/CT de INTECNUS. Para completitud de la evaluación de ME de P-32 para el uso clínico, se llevó a cabo el modelado dosimétrico de la distribución de actividad, utilizando el método multicompartmento en hígado.

Se determinó que para una composición vítrea tipo PASM ( $42\text{P}_2\text{O}_5 - 4\text{SiO}_2 - 10\text{Al}_2\text{O}_3 - 44\text{MgO}$ ) es suficiente con un tiempo de irradiación de 24 horas y uno de decaimiento de 72 horas para su aplicación. A su vez, las actividades y dosis por ME aplicadas a 1kg de tejido, con ME de  $60\ \mu\text{m}$  de diámetro de  $^{32}\text{P}$  en matriz PASM resultan en 73 Bq/ME y  $14.4\ \mu\text{Gy/ME}$ . En comparación, las dosis de ME comerciales de  $^{90}\text{Y}$  corresponden a  $2.5\ \mu\text{Gy/ME}$  para las ME de resina Sir-Spheres y a  $175\ \mu\text{Gy/ME}$  para las ME vítreas Therasphere, lo que posiciona las ME de  $^{32}\text{P}$  para la realización de estudios preclínicos de terapia SIRT.

## FM-22 Estudio preliminar de las propiedades viscoelásticas de glóbulos rojos irradiados con radiación gamma utilizando un Reómetro Eritrocitario.

Gómez-Fava F<sup>1</sup>, Plüss R<sup>1</sup>, Porini S<sup>2</sup>, Castellini H<sup>1</sup>, Alet A<sup>3</sup>, Di Tulio L<sup>4</sup>, Acosta A<sup>4</sup>, Manzelli N<sup>4</sup>, Aresi A<sup>4</sup>, Galassi M<sup>1 5</sup>, Riquelme B<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

<sup>2</sup> Grupo de Óptica Aplicada a la Biología, IFIR (CONICET-UNR)

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas - Universidad Nacional de Rosario

<sup>4</sup> Centro Regional de Hemoterapia de Rosario

<sup>5</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

Las radiaciones ionizantes se emplean en medicina para diagnóstico (rayos X y gamma), tratamiento (Radioterapia, Hadronterapia y Medicina Nuclear) y se utilizan en los centros de hemoterapia en unidades transfusionales para la prevención de la enfermedad injerto contra huésped. El objetivo de este trabajo es estudiar los efectos de la radiación gamma sobre las propiedades mecánicas de los glóbulos rojos humanos utilizando como instrumento de medición un Reómetro Eritrocitario y un nuevo software desarrollado para tal fin. Este equipo capta las variaciones en la intensidad del patrón de difracción láser producido por los glóbulos rojos cuando están sometidos a una tensión de corte. Mediante un programa en código Phyton se determinan los parámetros relacionados con la membrana eritrocitaria en distintos regímenes: el índice de deformabilidad, la viscosidad superficial de la membrana y el módulo elástico eritrocitario para el régimen estacionario; y el desfasaje, el módulo de almacenamiento y la pérdida dinámica, entre otros para el régimen dinámico. Para tal fin se elaboró un protocolo de ensayo en muestras de glóbulos rojos de dadores sanos utilizando dosis de radiación de 0 Gy (control), 2 Gy, 5 Gy, 10 Gy, 15 Gy y 25 Gy y luego almacenadas durante 30 días en condiciones estándares de los bancos de sangre. Las irradiaciones de las muestras fueron realizadas en el CRH (Centro Regional de Hemoterapia, Rosario). Para procesar los datos se sometieron los parámetros de las muestras irradiadas bajo el test de los signos de Wilcoxon contra control por cada día de medición, los ensayos experimentales fueron realizados en el Reómetro Eritrocitario desarrollado en el Grupo de Física Biomédica del IFIR (CONICET-UNR). Este estudio preliminar sugiere que la radiación gamma utilizada habitualmente en las unidades transfusionales en los bancos de sangre no afectaría significativamente los parámetros viscoelásticos eritrocitarios. Sin embargo, se requiere un mayor número de mediciones a fin de obtener un resultado concluyente.

## FM-23 Filtros selectivos de dinámicas traslacionales de difusión molecular entre microestructuras de materia blanca con imágenes por resonancia magnética

Saidman E L<sup>1</sup>, Álvarez G A<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.

Las imágenes por resonancia magnética nuclear (MRI) son, al día de hoy, uno de los métodos más utilizados a la hora de obtener imágenes médicas de forma no invasiva. Trabajos recientes sugieren que secuencias de modulación de gradientes de campo

magnético pueden extraer de forma selectiva información cuantitativa a escalas micrométrica y sub-micrométrica por medio de la decoherencia inducida en los espines nucleares por difusión molecular [1,2]. Ésta información es de mucha importancia para el diagnóstico de patologías como el cáncer y las enfermedades neurodegenerativas, la cual es hasta hoy inaccesible con las secuencias utilizadas en el ámbito clínico. Sin embargo, los complejos regímenes de difusión molecular que tienen lugar en los tejidos biológicos dificultan en gran medida la utilización de estas secuencias para extraer información espacial cuantitativa de forma práctica. En este trabajo implementamos la secuencia de modulación de gradiente NOGSE [2,3] para filtrar selectivamente la señal proveniente de moléculas confinadas en microestructuras de tamaños específicos, con el objetivo de extraer información estructural de tejidos biológicos aún en presencia de dinámicas moleculares complejas. Se realizaron experimentos de MRI en un fantoma que emula los espacios extra-axonales de la materia blanca, en donde se presentan diversos regímenes de difusión. Se observó que la secuencia es capaz de filtrar la señal y observar selectivamente la proveniente de moléculas confinadas a las restricciones de interés. A través de un modelo teórico de la señal, se demostró esta observación experimental y posibilitó la determinación de las formas óptimas de configuración de la secuencia para observar esta información cuantitativa. Estos resultados permitieron optimizar protocolos para generar imágenes cuantitativas de información microestructural en cerebro humano para el diseño de nuevas herramientas de diagnóstico médico.

## Referencias:

- [1] Álvarez, G. A., Shemesh, N., Frydman, L. Coherent dynamical recoupling of diffusion-driven decoherence in magnetic resonance. *Phys. Rev. Lett.* 111, 080404 (2013).
- [2] Shemesh, N., Álvarez, G. A., Frydman, L. Measuring small compartment dimensions by probing diffusion dynamics via non-uniform oscillating-gradient spin-echo (NOGSE) NMR. *J. Magn. Reson.* 237, 49-62, (2013).
- [3] Capiglioni, M., Zwick, A., Jiménez, P., Álvarez, G. A. Noninvasive quantitative imaging of selective microstructure sizes via magnetic resonance. *Phys. Rev. Applied*, 15, 014045, (2021).

## FM-24 Hacia la Dosimetría Portal In-Vivo: Caracterización y control de calidad de un Dispositivo Electrónico de Imágenes Portales

Fischer L<sup>1</sup>, Destri S<sup>2</sup>, Bianchini S<sup>2</sup>, Lipovetzky J<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INTECNUS (Instituto de Tecnologías Nucleares para la Salud)

<sup>2</sup> CNEA-INTECNUS (Instituto de Tecnologías Nucleares para la Salud)

<sup>3</sup> Departamento Dispositivos y Sensores (CNEA)

En la actualidad, los aceleradores lineales (LINACs) son los equipos comúnmente utilizados para realizar tratamientos de radioterapia externa contra el cáncer. Sus fabricantes ofrecen dispositivos electrónicos de imágenes portales (EPIDs) como opción estándar. Estos detectores permiten adquirir imágenes con haces megavoltaje que se utilizan para facilitar el correcto posicionamiento de los pacientes. Sin embargo, se ha demostrado que pueden ser utilizados como dosímetros, ya sea para realizar dosimetría in-vivo o controles de calidad paciente específico. En este trabajo se presentan los resultados de las pruebas realizadas con el fin de caracterizar los dos EPIDs que se encuentran en el Servicio de Radioterapia de la Fundación INTECNUS con el objetivo de implementarlos a futuro como herramientas dosimétricas.

Todas las mediciones fueron realizadas con dos LINACs de Elekta, modelos Synergy y Synergy Platform. A su vez, se trabajó solamente con campos de fotones de 6 MV y con los EPIDs que adosados a los mismos (iViewGT). Estos últimos poseen un arreglo bidimensional detectores de silicio amorfo (PerkinElmer Optoelectronics) que permiten adquirir imágenes de 1024x1024 píxeles.

Las mediciones se llevaron a cabo por medio de del software provisto por los creadores del arreglo de detectores (XIS 3.0.1). El procesamiento de datos y visualización se realizó por medio de un programa propio en código Python.

En primera instancia se calibraron los detectores por medio de correcciones de offset, ganancia y píxeles muertos. Luego se caracterizó el sistema para conocer sus limitaciones y por último se realizaron controles de calidad para analizar el estado general de los EPIDs y evaluar posibles errores de calibración.

El estudio de las imágenes de offset permitió establecer el tiempo de calentamiento de los equipos en 2 horas. Luego de esta etapa la sensibilidad del detector se encontraba en un 0,5 %. A su vez, la estabilidad temporal de los EPIDs a lo largo de semanas y meses fue menor al 0,5 %. También se corroboró el comportamiento lineal del detector con respecto a la dosis irradiada ( $R^2 = 0,999996$ ) y la independencia con la tasa de dosis en rangos clínicos.

Se estudió el fenómeno de ghosting, es decir un incremento de la señal como consecuencia de irradiaciones previas en el corto plazo (del orden de 5 s). Esto permitió observar, en comparación con el caso sin irradiación previa, modificaciones en la señal de hasta un 4 %. A partir de lo cual se plantearon alternativas para disminuir el efecto. Finalmente, los controles de calidad arrojaron resultados favorables y superiores a los requeridos.

La uniformidad de las imágenes fue del 97 % y la resolución de bajo contraste superó la prueba cualitativa de manera satisfactoria. Por último, la estabilidad mecánica durante el movimiento del gantry se encuentra en tolerancia para el posicionamiento de pacientes, aunque se deben realizar correcciones mínimas para realizar pruebas dosimétricas. Para ello se propuso un método de corrección del centro del EPID, con

el que se obtiene una desviación menor a 2 mm con respecto del centro del haz. Este trabajo sienta las bases para la implementación de nuevas herramientas dosimétricas. Se comprobó la estabilidad de los EPIDs y se evidenció la necesidad de realizar correcciones mínimas para la propuesta a futuro.

[1] F. Shahedi, M. Momennezhad, S. Naseri and H. Gholamhosseinian, *Iranian Journal of Medical Physics* 15, 295-303 (2018).

[2] P. Winkler, A. Hefner and D. Georg. *Medical Physics* 32, 3095-3105 (2005).

## FM-25 **Influencia del acoplamiento eléctrico entre neuronas inhibitorias en la modulación del ritmo theta sobre las oscilaciones gamma en un modelo in silico**

Castillo García M<sup>1</sup>, Urdapilleta S<sup>2</sup>, Dellavale D<sup>1</sup>, Urdapilleta E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física Médica, Instituto Balseiro, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).*

<sup>2</sup> *Hospital Neuropsiquiátrico Braulio A. Moyano, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires*

El acoplamiento entre frecuencias es un fenómeno por el cual alguna característica de una señal en una dada banda de frecuencias interactúa o modula alguna otra característica de esa u otra señal en otra banda de frecuencias. El acoplamiento fase-amplitud, en el cual la fase de una onda lenta modula la amplitud de una onda rápida, ha sido estudiada en una variedad de paradigmas experimentales y condiciones fisiológicas y patológicas. En particular, se ha demostrado que el acoplamiento fase-amplitud en bandas theta-gamma resulta alterado en pacientes con esquizofrenia en tareas que involucran memoria de trabajo. Esta fenomenología se ha estudiado en un modelo in silico de hipocampo, región fundamental a la hora de generar y mantener procesos de memoria, donde coexisten ambas oscilaciones. El modelo original incluye la presencia de tres tipos celulares, morfología con cierto grado de detalle, y reglas de conectividad (simplificadas) obtenidas de acuerdo a caracterizaciones experimentales. Sin embargo, una gran variedad de tipos de células inhibitorias exhiben conectividad mediante las llamadas junturas eléctricas, las cuales impactan en las características de sincronización de dichas poblaciones de neuronas. En este trabajo, en base a una herramienta llamada NetPyNE (Networks using Python and NEURON), implementamos un modelo in silico de hipocampo basado en literatura previa, y extendimos las reglas de conectividad de modo de incluir sinapsis eléctricas. En base a dicho modelo, se analizaron los ritmos resultantes y el efecto del acoplamiento eléctrico entre neuronas inhibitorias sobre aspectos de acoplamiento fase-amplitud.

## FM-26 **Influencia del sexo en la respuesta inmunológica en la enfermedad de Chagas Mazza**

Thomas Mailland J<sup>1</sup>, Burgardt M<sup>1</sup>, Games S<sup>1</sup>, Garavaglia L<sup>1</sup>, Frankesteiner B<sup>1</sup>, Girdano S<sup>1</sup>, Delaplace L<sup>1</sup>, Tersigni C<sup>2</sup>, Irurzun I<sup>3</sup>, Defeo M M<sup>4</sup>, Hernández D<sup>5</sup>, Severini G<sup>5</sup>, Velazquez R<sup>5</sup>, Flores P<sup>5</sup>, Sirena J J<sup>6</sup>, Mitelman J<sup>5</sup>, Gimenez L<sup>5</sup> <sup>7</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de Salta*

<sup>3</sup> *Centro de Simulación Computacional, CONICET.*

<sup>4</sup> *Hospital Interzonal de Agudos Prof. Dr. Rodolfo Rossi*

<sup>5</sup> *Federación Argentina de Cardiología*

<sup>6</sup> *Centro de Enfermedad de Chagas Dr. Lugones. Santiago del Estero.*

<sup>7</sup> *Federación Argentina de Cardiología*

El Chagas-Mazza es una zoonosis parasitaria que presenta características endémicas en la mayor parte de América Latina. El agente etiológico causante del Chagas es el parásito *Tripanosoma cruzi* (T. cruzi), el cual es transmitido a través de las heces de vectores que corresponden a insectos hematófagos de la familia Reduviidae, de modo que el tripanosoma depende necesariamente del insecto para cumplir su ciclo. En Argentina se denominan popularmente vinchucas, chinche gaucha o chinche besuca. El T. cruzi es un organismo unicelular, eucariota y flagelado. Penetra en el organismo del hospedador a través de las excoriaciones producidas por el rascado. Luego invade gran variedad de células, teniendo preferencia por el músculo esquelético y cardíaco, el sistema nervioso, el tubo digestivo y el sistema reticuloendotelial. Ya dentro de la célula hospedadora cambia a una forma redondeada y sin flagelo, inmóvil, (forma amastigote) y comienza a multiplicarse. El amastigote se transforma en tripomastigote luego de varios ciclos de división. Finalmente son liberados junto con el contenido de la vacuola parasitófora al tiempo que la célula huésped se destruye. Esto genera una importante respuesta inflamatoria, la que constituye uno de los mecanismos patológicos de la enfermedad. Los trastornos disautonómicos de la función del sistema nervioso simpático y parasimpático se observan con bastante frecuencia durante el daño cardíaco y digestivo en el paciente chagásico crónico. El mecanismo molecular implicado en la disautonomía periférica chagásica es inducido por la hiperactivación de los receptores de neurotransmisores, incluidos los anticuerpos autorreactivos  $\alpha$ -adrenérgicos y M2 mAChR y reactividad mediada por células a través de la liberación de citocinas. En este trabajo evaluamos el nivel de anticuerpos anti M2 en una población en una población de aproximadamente 130 pacientes chagásicos. Estudiamos la dependencia con la edad, el sexo, el grado de avance de la enfermedad y el tratamiento con benznidazol.

**FM-27 Mediciones de parámetros físicos y control de calidad de equipos de RX de dos hospitales públicos de San Fernando del Valle de Catamarca,**

## Catamarca

Roldan T d V<sup>1</sup>,Arguello E R<sup>1</sup>,Ausilio F O<sup>2</sup>,Lucero D H<sup>1</sup>,Luna N S<sup>3</sup>,Roldan M P E<sup>4</sup>,Maltese P D<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Dep. Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca*

<sup>2</sup> *Instituto Medico : La Comunidad*

<sup>3</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca*

<sup>4</sup> *Istituto Superior Enrique Guillermo Hood*

Se sabe que las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes, son actualmente la principal fuente de exposición a radiación artificial a nivel global. Para prevenir dosis innecesariamente altas a los pacientes durante estas exposiciones, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) recomienda la utilización de los Niveles de Referencia para Diagnóstico (NRD) (con su acrónimo en inglés, DRLs, Diagnostics Reference Levels), como una herramienta efectiva de ayuda a la optimización de la protección radiológica. En este trabajo se llevó a cabo la primera (de dos) etapa de la determinación de los Niveles de Referencia de Diagnóstico en dos hospitales públicos de la capital de Catamarca, Hospital Interzonal San Juan Bautista y Hospital de Niños Eva Perón. En la primera etapa se realizaron mediciones de parámetros físicos, dosimétricos y no dosimétricos de los equipos de RX de ambos hospitales y de las condiciones ambientales de las salas, de los medios de protección radiológica para el operador, y el paciente, y sobre los sistemas de procesamiento (analógico o digital) y la selección de la/s magnitudes físicas necesarias para el cálculo de la dosis en paciente. Se midieron parámetros esenciales del equipo radiológico: Exactitud y Reproducibilidad del Potencial, Capa Hemirreductora (CHR) y Rendimiento de la exposición a la salida del generador de RX. En la segunda etapa y a partir de las mediciones del rendimiento de los tubos de Rayos X, se calcularán, para cada técnica, los valores de Kerma en aire a la entrada de piel, para una muestra de pacientes con parámetros antropométricos (altura, peso y espesor) dentro de valores estándar para nuestra provincia. Los estudios considerados serán Tórax y Columna en su proyección Anteroposterior. Se tomarán muestras de 20 pacientes como mínimo por sala de rayos X participante, para cumplir con lo exigido para la calidad de las imágenes y de la definición del paciente tipo, a efectos del estudio serán pacientes adultos, hombres y mujeres entre 1,65 y 1,75m de estatura y entre 65 y 75 kg de peso. Finalmente se implementará una metodología para establecer los Niveles de referencia de diagnóstico: típicos y locales (DRLs) a partir de recomendaciones del documento ICRP135 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica ICRP). La realización de mediciones de niveles orientativos periódicamente permitirá asegurar que se mantienen las buenas prácticas en el diagnóstico radiológico del Valle Central de la provincia de Catamarca.

Referencias: 1- Vañó, E., Miller, D., Martin, C., Rehani, M., Kang, K., Rosenstein, M.,

Ortiz-López, P., Mattsson, S., Padovani, R., Rogers, A. (2017). ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. *Annals of the ICRP*, 46(1), 1?144. <https://doi.org/10.1177/0146645317717209>. 2- Protocolo Español de Control de Calidad- IAEA-2011. 3- Protocolo ARCAL XLIX-IAEA 2012- 4- IAEA-TECDOC Nº 1958- Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe- 2021

## **FM-28 Mediciones experimentalmente, utilizando impedancia eléctrica espectral, del proceso de herida y cicatrización en cultivos celulares.**

Acerbo E<sup>1</sup>, Bonetto F<sup>1</sup>, Bellotti M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

Se han realizado diversos estudios sobre el comportamiento dinámico que presentan las células cultivadas sobre sustratos biocompatibles. Se ha observado que las células cultivadas se multiplican, migran y se extienden hasta cubrir la superficie libre disponible, formando contactos adherentes con la superficie del sustrato y enlaces intercelulares entre ellas. Cuando las células cubren toda la superficie del sustrato biocompatible se forma un monocapa celular confluyente y las células dejan de multiplicarse, es decir alcanzan el estado de confluencia. A pesar de los enlaces que forman las células, la monocapa celular es frágil, y puede romperse fácilmente. Cuando se provoca una herida en la monocapa, una región de la superficie del sustrato queda libre de células, y las células que se encuentran en el borde de la herida comienzan a repoblar ese espacio a esto se lo llama cicatrización, es decir las células se reproducen y migran hacia el espacio libre disponible logrando recubrir la región. El estudio de los mecanismos de migración y proliferación celular resultan ser de gran relevancia para comprender procesos biológicos tales como la metástasis celular, la reparación tisular y la embriogénesis [1]. Valiéndonos de la técnica the Electric Cell-substrate Impedance Sensing (ECIS) [2,3,4] se desarrolló un ensayo de herida y cicatrización eléctrico. La herida en la monocapa celular adherida al microelectrodo se produce excitando al sistema por algunos segundos con una corriente eléctrica alterna de amplitud y frecuencia altas, que produce la muerte celular de las células que se encuentran sobre el microelectrodo, esto se puede monitorear con la técnica ECIS midiendo resistencia y capacidad eléctrica en función del tiempo. Es decir se monitorear la cicatrización, de manera no intrusiva y la evolución temporal de la impedancia eléctrica. Bibliografía

- 1 Riahi, R., Yang, Y., Zhang, D., Wong, P. Advances in wound-healing assays for probing collective cell migration. *Journal of Laboratory Automation*, 17, 59?65, 2012.
- 2 I.Giaever, C.R.Keese; Use of electric fields to monitor the dynamical aspect of cell behavior in tissue culture; *IEEE Trans.Biomed.Eng.*, Vol.33, Feb.1986.
- 3 C.R.Keese, I.Giaever; A biosensor that monitors cell morphology with electrical

fields; IEEE Eng.Med.Bio, pp.401-408, Jun.-Jul. 1994.

4 Wegener, J., Keese, C., Giaever, I. Electric cell-substrate impedance sensing (ECIS) as a noninvasive means to monitor the kinetics of cell spreading to artificial surfaces. *Experimental Cell Research*, 259, 158766, 2000

## FM-29 Métodos no-invasivos para extraer información microestructural de tejidos en humanos: implementación en un resonador clínico

Zwick A<sup>1 2 3</sup>, Saidman E<sup>3</sup>, Tambalo S<sup>4</sup>, Novello L<sup>4</sup>, Moretto M<sup>4</sup>, Jovicich J<sup>4</sup>, Alvarez G<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física Medica, Centro Atómico Bariloche, CNEA, CONICET*

<sup>2</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)*

<sup>3</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>4</sup> *Center for Mind/Brain Sciences, University of Trento, Rovereto, Italy*

Extraer información cuantitativa de la microestructura de tejidos con métodos no invasivos es un desafío excepcional para comprender los mecanismos de la enfermedad y permitir el diagnóstico temprano de patologías. Las imágenes por resonancia magnética nuclear (MRI) son una técnica prometedora y ampliamente utilizada para lograr este objetivo, pero aún proporciona baja resolución para revelar detalles de la microestructura. Recientemente, hemos desarrollados métodos para producir imágenes con información cuantitativa de la microestructura basados en el sondeo selectivo de desfase de espín nuclear inducido por la difusión molecular restringida en cavidades de dicha microestructura del tejido [1-3]. La viabilidad del método teórico hasta ahora la habíamos demostrado con experimentos de primeros principios y simulaciones sobre distribuciones de tamaño típicas de la materia blanca en el cerebro del ratón [3]. Como paso siguiente para su implementación práctica, hemos implementado este método en resonadores clínicos. En este trabajo presento los desafíos y resultados preliminares de esta implementación tanto en fantoma como en humanos voluntarios. Estos resultados abren un nuevo camino para que las imágenes por resonancia avancen en la extracción de información microestructural cuantitativa, confiable y rápida.

[1] A. Zwick, D. Sueter, G. Kurizki, G. A. Álvarez, *Phys. Rev. Applied* 14, 024088, (2020).

[2] M. Capiglioni, A. Zwick, P. Jiménez, G. A. Álvarez. *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 29, 2036 (2021)

[3] M. Capiglioni, A. Zwick, P. Jiménez and G. A. Álvarez, *Phys. Rev. Applied* 15, 014045 (2021).

## FM-30 Modelización de efectos de radiación en estructuras MOS. Estados de Interfaz

Gomes E N<sup>1 2 3</sup>, Sambuco Salomone L I<sup>4 3</sup>, Faigón A<sup>4 3</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>3</sup> *Laboratorio de Física de Dispositivos - Microelectrónica - Depto. de Física - Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires*

<sup>4</sup> *Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires*

Los transistores MOSFET son la base de las computadoras y sistemas de comunicación modernos, e incluso pueden ser utilizados como dosímetros, aprovechando su sensibilidad a la radiación ionizante [1]. Uno de los fenómenos que se observan al irradiar la estructura MOS es un corrimiento en tensión de la curva IV característica asociado a la acumulación de carga en el óxido, y otro es un cambio de la pendiente subumbral, asociado a la generación de trampas de interfaz [2]. Las trampas de interfaz son defectos en la estructura de un transistor MOSFET que se forman en el proceso de fabricación, cuando se crece el óxido sobre el sustrato. Los mismos permiten estados electrónicos dentro de la banda prohibida del sustrato semiconductor y en general, tras la fabricación del dispositivo estos estados son pasivados con una inmersión en ácido clorhídrico. Pero al momento de la irradiación, se despasivan.

Nuestro estudio se basa en los procesos físicos que desencadenan la despasivación de las trampas de interfaz, los cuales fueron modelizados teóricamente y se añadieron a un modelo computacional preexistente [3] que simula la acumulación de carga en el óxido durante la irradiación. Se estudió la respuesta del programa, y con éste se simuló un experimento realizado en el laboratorio, en el cual un transistor MOSFET es irradiado entre periodos de reposo prolongados. El modelo desarrollado sirve para entender y predecir la forma en la que se da la generación de trampas de interfaz en los experimentos.

[1] AB Rosenfeld, Radiation Protection Dosimetry, vol. 101, no. 1-4, pp. 393-398. (2002).

[2] JR Schwank, MR Shaneyfelt, DM Fleetwood, JA Felix, PE Dodd, P Paillet, and V.Ferlet-Cavrois, IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 55, no. 4, pp. 1833-1853 (2008)

[3] L Sambuco Salomone , A Faigón, EG Redin, IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 62, no. 4, pp. 1665-1673 (2015).

## **FM-31** Modelo bidimensional de espectroscopía de impedancia eléctrica celular

Buchini Labayen A C<sup>1 2 3</sup>, Bellotti M I<sup>1 2 3</sup>, Bonetto F J<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Cavitación y Biotecnología*

<sup>2</sup> *Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>3</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

En este trabajo desarrollamos y presentamos un nuevo modelo bidimensional de espectroscopía de impedancia eléctrica celular (Electric Cell-substrate Impedance Sensing, ECIS).

El modelo bidimensional considera células individuales que se expanden formando una monocapa celular que cubre el microelectrodo y el aislante (región entre el microelectrodo y el contraelectrodo o tierra eléctrica) que lo rodea, permitiendo una descripción completa y detallada del sistema de ECIS. El sistema modelado consiste en un microelectrodo cuadrado finito rodeado por un aislante finito, ambos cubiertos totalmente por una monocapa celular finita formada por células cuadradas individuales en contacto.

Las propiedades de cada célula son compatibles con aquellas consideradas por el modelo Giaever-Keese (GK) [1], que es el modelo estándar y que se deriva de balances eléctricos de una única célula extendida hasta el infinito mediante condiciones de contorno adecuadas. Los resultados del modelo GK pueden reproducirse con el modelo bidimensional cuando se considera un aislante nulo.

A diferencia del modelo GK, el modelo bidimensional permite que cada célula que forma la monocapa celular sea tratada de forma independiente. De particular interés es la posibilidad de elegir si una o varias células de la monocapa se encuentran vivas o muertas, lo que permite modelar una monocapa que presenta diferentes proporciones y distribuciones de células muertas. A partir de las impedancias obtenidas con este modelo, se pretende modelar y estudiar en detalle procesos de muerte celular, comparando estos resultados con datos experimentales obtenidos para cultivos celulares a los que se les administran dosis altas de radiación ionizante.

[1] I. Giaever and C. R. Keese, *Micromotion of mammalian cells measured electrically*, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 88, 7896 (1991).

## FM-32 **Modelo de integración espacio-temporal en conos y células horizontales**

Castillo García M<sup>1</sup>, Urdapilleta E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física Médica, Instituto Balseiro, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).*

La retina constituye el primer conjunto de neuronas que procesan e integran la información visual proveniente del mundo exterior. En los fotorreceptores, las células

fotosensibles de la retina, el procesamiento de las señales visuales consiste principalmente en la cascada de fototransducción e integración eléctrica. Es aquí donde distintos procesos bioquímicos y fisiológicos desarrollan mecanismos no lineales de adaptación, de modo que la respuesta que se tiene a un dado nivel de luminosidad es completamente diferente a la que ocurre a otro nivel. Luego de esto, la señal post-sináptica generada recibe una realimentación no lineal negativa proveniente de las células horizontales, neuronas de segundo orden que modulan las señales provenientes de los fotorreceptores y células bipolares a través de sus sinapsis en triada. Esto contribuye, entre otras cosas, a la generación de un campo receptivo de tipo *center-surround* en células bipolares. Estudios anteriores sugieren que este tipo de estructura también subyace a la respuesta de las células horizontales, entre otras, aunque sin inversión de polaridad, y que este comportamiento puede ser descripto fenomenológicamente usando la suma ponderada de dos filtros espaciales con constantes de escala distintas: una constante corta vendrá a estar dada por la sinapsis cono-célula horizontal mientras que una constante larga será resultado del acoplamiento entre esa célula y las células horizontales vecinas. En este trabajo, se implementó un modelo matemático fenomenológico que da cuenta de los procesos en conos y células horizontales H1 incluyendo la integración espacial y, por tanto, la formación del mencionado campo receptivo centro-periférico. Se utilizaron filtros espaciales similares a las propuestas encontradas en la literatura cuya suma ponderada se traduce en la suma de dos exponenciales y, además, se introduce una nueva constante espacial de escala corta referida en este caso al acoplamiento cono-cono existente en la retina. En el modelo resultante, la integración espacial se acopla al procesamiento temporal del estímulo; es decir, obtenemos un modelo de integración espacio-temporal de la retina capaz de reproducir los procesos no lineales en ambas dimensiones (de espacio y tiempo), tal como se evidencia en varios estudios experimentales. En particular, el modelo fue puesto a prueba y validado usando mediciones realizadas en células horizontales H1 para diferentes condiciones. En todos estos estudios, los resultados del modelo lograron reproducir con gran detalle los datos experimentales presentados.

### **FM-33 Modelo mesoscópico de espectroscopía de impedancia eléctrica celular aplicado a datos experimentales obtenidos con microelectrodos de tamaño variable**

Buchini Labayen A C<sup>1 2 3</sup>, Bellotti M I<sup>1 2 3</sup>, Bonetto F J<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Cavitación y Biotecnología

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

En este trabajo desarrollamos, presentamos y validamos el modelo Mesoscópico,

un nuevo modelo de espectroscopía de impedancia eléctrica celular (Electric Cell-substrate Impedance Sensing, ECIS).

Analizamos datos experimentales obtenidos al aplicar la técnica ECIS a monocapas de células Madin-Darby Canine Kidney tipo II (MDCK II) cultivadas en microelectrodos de diferentes tamaños.

Ajustamos los datos experimentales a cuatro modelos: *i*) modelo de Giaever-Keese (GK) [1], *ii*) modelo de campo medio (Mean Field, MF) [2], y *iii*) modelo Mesoscópico. Evaluamos el efecto del radio del microelectrodo sobre las impedancias medidas y sobre los parámetros proporcionados por los diferentes modelos de ECIS. Estos parámetros representan propiedades celulares que dependen de las células, del material del microelectrodo y del pretratamiento celular que reciben, entre otras cosas, por lo que deberían ser invariables al cambio en el radio del microelectrodo utilizado en las mediciones.

El modelo estándar actual, el modelo GK, derivado de balances eléctricos de una sola célula extendida hasta el infinito mediante condiciones de contorno adecuadas, supone un microelectrodo infinito. El modelo se ajusta a datos experimentales adquiridos con un microelectrodo que puede considerarse infinito a los fines prácticos y se obtiene un conjunto de parámetros. Calculamos la impedancia de los otros microelectrodos cubiertos de células a partir de estos parámetros, y obtenemos valores fuertemente discrepantes con los datos experimentales para microelectrodos pequeños. Repetimos el proceso con el modelo MF, un modelo alternativo que depende del radio del microelectrodo pero no del radio de la célula; y con el modelo mesoscópico, que incluye simultáneamente las propiedades de una célula individual y los tamaños del microelectrodo y del aislante (región entre el microelectrodo y el contraelectrodo o tierra eléctrica).

A pesar de que observamos dependencia de los parámetros con el radio del microelectrodo utilizado, demostramos que el modelo Mesoscópico representa los datos experimentales para un rango amplio de radios de microelectrodos, ya que un único conjunto de parámetros permitió calcular impedancias que están en excelente acuerdo con los datos experimentales obtenidos con microelectrodos de radios variables. Finalmente, el modelo Mesoscópico resulta ser más general que los modelos existentes, ya que se reduce al modelo GK cuando no se considera la presencia de aislante, y al modelo MF cuando el aislante modelado tiende a infinito.

[1] I. Giaever and C. R. Keese, *Micromotion of mammalian cells measured electrically*, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 88, 7896 (1991).

[2] E. Urdapilleta, M. Bellotti, and F. J. Bonetto, *Impedance analysis of cultured cells: A mean-field electrical response model for electric cell-substrate impedance sensing technique*, Phys. Rev. E 74, 041908 (2006).

## FM-34 Nanopartículas de cobre para dosimetría de radiación ionizante para teranóstica

Lechón Páez L S<sup>1 2</sup>, Tubon Usca G<sup>3</sup>, Valente M<sup>4 2 5</sup>, Mattea F<sup>6 1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos y Química Aplicada (IP-QA), CONICET, Departamento de Química Orgánica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba

<sup>2</sup> Laboratorio de Investigación e Instrumentación en Física Aplicada a la Medicina e Imágenes por Rayos X (LIIFAMIRx) - FAMAf - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

<sup>3</sup> Grupo de Materiales Avanzados (GIMA), carrera de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

<sup>4</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola (IFEG) - CONICET, Córdoba, Argentina.

<sup>5</sup> Centro de excelencia en Física e Ingeniería en Salud (CFIS) - Universidad de La Frontera, Temuco; Chile

<sup>6</sup> Departamento de Química Orgánica - FCQ - UNC, CONICET

La aplicación de nanopartículas metálicas y de óxidos metálicos ha crecido notablemente en los últimos años, permitiendo mejoras en diferentes áreas biomédicas, ya sea como biosensores, agentes para imagen y diagnóstico, y para otros tratamientos terapéuticos<sup>[1]</sup>. Por su parte, las técnicas dosimétricas pueden aprovechar las propiedades de las nanopartículas de alto número atómico para ser aplicadas efectivamente en teranóstica. Los materiales más utilizados y sus óxidos son oro, plata y cobre. Entre ellos, el cobre posee una relación costo-beneficio más óptima que el oro y la plata<sup>[2]</sup> y se requiere cantidades mínimas junto con enzimas en el cuerpo humano para diferentes tipos de tratamientos<sup>[3]</sup>. En este contexto, las propiedades físico-químicas y radiológicas de los dosímetros de gel pueden ser modificadas para desarrollar dispositivos capaces de cuantificar el refuerzo dosimétrico, inclusive a nivel local en escala micrométrica y con resolución tridimensional. Sin embargo, la descripción detallada de los efectos dosimétricos y derivados de la desexcitación emitiendo electrones Auger y Coster-Kronig representa un desafío complejo en el proceso de comprensión integral del efecto de las nanopartículas en teranóstica. En este contexto, el presente trabajo reporta sobre la contribución a la dosis en dosímetros de gel polimérico por presencia de nanopartículas de cobre, con particular énfasis en el efecto que posee la distribución de tamaño de las nanopartículas utilizando como referencia datos actuales y/o propios de sistemas de nanopartículas de cobre en solución acuosa. Así como también se considera la consecuente emisión de electrones generados en las nanopartículas obtenida por modelado computacional con técnicas Monte Carlo.

Referencias:

- [1] D.Letchumanan, S.P.M.Sok, S.Ibrahim, N.H.Nagoor, N.M.Arshad, Plant-based Biosynthesis of copper/copper oxide nanoparticles: An update on their applications in biomedicine, mechanisms, and toxicity, *Biomolecules*.11(2021);564. doi:10.3390/biom1104056
- [2] M.Vijay, Y.Anu, Anticancer activity of camellia Sinensis mediated copper nanoparticles against HT-29, MCF-7, and MOLT-4 human cancer cell lines. *Asian J. Pharm. Clin. Res.* (2017);10:82-88. doi:10.22159/ajpcr.2017.v10i2.15710
- [3] C.Santini, M.Pellei, V.Gandin, M.Porchia, F.Tisato, C.Marzano, Advances in copper complexes as anticancer agents. *Chem. Rev.* (2014);114:815-862. doi: 10.1021/cr400135x

## FM-35 **OBTENCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HAFNIUM (NBTXR3) UTILIZANDO ÉSTAS COMO RADIOSENSIBILIZANTE**

Olguín O R<sup>1</sup>, Rizzotto M G<sup>1</sup>, Cobos D B<sup>1</sup>, Horas J A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales - Universidad Nacional de San Luis*

Se analiza un método alternativo para cuantificar el efecto radiobiológico de las Nanopartículas de Hafnium (NBTXR3) mediante el Factor de Mejora de Dosis (DEF) usando los parámetros de radiosensibilidad del modelo Lineal Cuadrático (LQ) en condiciones con y sin HfNP (NBTXR3) en diversas líneas celulares cancerígenas. Se contrastan ajustes de la Fracción de Sobrevida (SF) en ambas condiciones, usando el modelo LQ. Los datos son obtenidos de bibliografía y se los compara con los resultados obtenidos por otros autores, los cuales utilizan otra manera de obtención del factor DEF. Los resultados obtenidos con nuestro método son aceptables, utilizando un ajuste simultáneo de los datos de irradiación con y sin HfNP (NBTXR3) aplicando un solo juego de parámetros de ajuste. Se muestra además el porcentaje de la reducción de la dosis cuando se utiliza la irradiación con HfNP.

## FM-36 **Presentación de un índice no lineal como indicador temprano de disautonomía chagásica**

Thomas Mailland J<sup>1</sup>, Burgardt M<sup>1</sup>, Games S<sup>1</sup>, Frankesteiner B<sup>1</sup>, Garavaglia L<sup>1</sup>, Irurzun I<sup>2</sup>, Hernández D<sup>3</sup>, Severini G<sup>3</sup>, Velazquez R<sup>3</sup>, Flores P<sup>3</sup>, Mitelman J<sup>3</sup>, Gimenez L<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata*

<sup>2</sup> *Centro de Simulación Computacional, CONICET.*

<sup>3</sup> *Federación Argentina de Cardiología*

La enfermedad de Chagas Mazza, es una infección ocasionada por el protozoo Try-

panosoma cruzi. Se considera que la enfermedad es endémica en América Latina, abarcando toda Sudamérica hasta el centro de Argentina y Chile. El Chagas comienza con una etapa aguda, que en un 84% la aparición de disbalance autonómico (o disautonomía chagásica) es una de las manifestaciones más tempranas de la enfermedad y a lo largo del tiempo conduce a nivel cardíaco a la aparición de trastornos eléctricos (arritmias) y remodelamiento ventricular o miocardiopatía chagásica. La enfermedad sigue este curso en aproximadamente entre el 30 y el 40% la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) se define como la variación fisiológica de la duración de los ciclos cardíacos. Está controlada principalmente por el Sistema Nervioso Autónomo (SNA) principalmente por su acción sobre el Nodo Sinoauricular. La VFC es una señal compleja, cuyas características no lineales aparecen alteradas en pacientes con disautonomía chagásica. En este trabajo presentamos un índice no lineal (FNNF10) que hemos mostrado que es sensible a desbalances autonómicos y caracterizamos su performance en una población de aproximadamente 300 pacientes chagásicos. Estudiamos la dependencia con la edad, el sexo, el grado de avance de la enfermedad y el tratamiento con benznidazol.

### FM-37 Proyecto FICELTAR: Filtro de Células Tumoraes Argentinas

Felix-Pozzi M<sup>1</sup>, Mercado D<sup>1</sup>, Perez D<sup>1</sup>, Ostapchuk G<sup>2 1</sup>, Catalano P<sup>2 1 3</sup>, Berlín G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Micro y Nanotecnología - Centro Atómico Constituyentes - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>2</sup> *INSTITUTO DE NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA -CONICET/CNEA- NODO CONSTITUYENTES*

<sup>3</sup> *Facultad de Farmacia y bioquímica*

Las responsables de diseminar un tumor primario localizado en un órgano determinado hacia otros distantes, son las Células Tumorales Circulantes (CTCs) al infiltrarse en la sangre periférica del paciente. Este proceso compuesto de varias fases conocido como metástasis, es el responsable de más del 90% de los fallecimientos asociados al cáncer. La detección de pocas unidades de CTCs en volúmenes de sangre extraídos de un paciente y su correcto recuento, permitiría realizar una detección temprana del tumor y/o conocer la evolución de una terapia. Es por ello que desarrollamos este filtro cuyo objetivo primario es aportar un dispositivo para biopsia líquida basado en las propiedades físicas de las células tumorales (tamaño y deformabilidad). Este sistema está compuesto por una bomba de jeringa, dos descartables, un portafiltro de diseño propio y una membrana porosa microfabricada mediante la técnica electroplating, cuya sección circular es de 1 cm de diámetro, con más de 200.000 poros y cuyos diámetros varían entre 8, 10 y 12  $\mu\text{m}$ . Los ensayos de pasaje de medio de cultivo y células a través de la membrana porosa, fueron llevados adelante empleando las

líneas celulares correspondientes a linfoma de Hodkin clásico: KMH2, UH01 y L1236, y tuvieron como objetivo primario estudiar la performance de captura del sistema. Aunque fue concebido como un dispositivo para diagnóstico, puede ser adaptado para funcionar como *cell sorter* además de dejar abiertas las posibilidades de modificarlo para ser utilizado con el fin que se desee.

## FM-38 Simulación por Monte Carlo de un centellador inorgánico compuesto tejido-equivalente para dosimetría por fibra óptica en teleterapia

Fernández Y<sup>1</sup>, Martínez N<sup>1</sup>, Molina P<sup>1</sup>, Marcazzó J<sup>1</sup>, Santiago M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IFAS, Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA-CONICET-CICPBA, Tandil, Argentina.

Las técnicas de radioterapia han mejorado vertiginosamente en los últimos años, lo que requiere nuevos desarrollos en los sistemas de dosimetría. En particular, los tratamientos que involucran altas dosis administradas en poco tiempo y altos gradientes de dosis requieren alta resolución espacial y evaluación de la dosis en tiempo real [1]. La técnica conocida como dosimetría por fibra óptica (DFO) se ha consolidado como un enfoque prometedor para cumplir con los requisitos mencionados [2]. La DFO se basa en el uso de una pequeña pieza de centellador acoplada al extremo de una fibra óptica. Cuando la radiación ionizante interactúa con el centellador, se produce radio-luminiscencia (RL) en el volumen activo. La luz emitida por el centellador es guiada por la fibra óptica hasta el otro extremo de la fibra, donde un fotodetector mide su intensidad para evaluar la tasa de dosis. Las características destacadas de la técnica DFO son: a) evaluación de dosis en tiempo real a alta frecuencia de muestreo, b) resolución espacial submilimétrica, c) ausencia de conexiones eléctricas en contacto cercano con el paciente, y d) respuesta que no depende de campos magnéticos externos.

En dosimetría terapéutica interesa conocer la dosis depositada en el tejido blando, cuyo número atómico efectivo ( $Z_{\text{eff}}$ ) es igual a 7.2. Debido a su alto  $Z_{\text{eff}}$ , los centelladores inorgánicos (CIs) utilizados en DFO presentan sobre-respuesta a fotones de baja energía ( $< 100$  keV), es decir, no son tejido-equivalentes (TE). A pesar de este inconveniente, los Cis han ganado mucho interés debido a su alta tasa de centelleo, comparados con los centelladores plásticos TE [3]. Recientemente se demostró experimentalmente que es posible fabricar un centellador mixto a partir de dos CIs con distinto  $Z_{\text{eff}}$  ( $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ ,  $Z_{\text{eff}} = 64$ , y  $\text{CsI:Tl}$ ,  $Z_{\text{eff}} = 55,53$ ), el cual puede calibrarse para compensar la sobre-respuesta mencionada, dando lugar a un sistema DFO tejido-equivalente en haces de fotones de 6 MV [4].

Con el fin de conocer la viabilidad de un centellador compuesto en condiciones más generales, realizamos simulaciones de Monte Carlo (Penélope) del centellador anterior-

mente mencionado ( $Gd_2O_2S:Tb-Csl:TI$ ) irradiado en un fantoma de agua a distintas profundidades y energías de fotones. Comparamos los resultados con simulaciones en condiciones similares de un centellador TE. Finalmente, discutimos las posibles ventajas y limitaciones del sistema de DFO con centellador compuesto.

[1] International Atomic Energy Agency, 2018. Radiation protection and safety in medical uses of ionizing radiation, IAEA Safety Standards Series No. SSG-46. Vienna.

[2] Jørgensen, E.B., Johansen, J.G., Overgaard, J., Piché-Meunier, D., Tho, D., Rosales, H.M.L., Tanderup, K., Beaulieu, L., Kertzscher, G., Beddar, S., 2021. A high-Z inorganic scintillator-based detector for time-resolved in vivo dosimetry during brachytherapy. *Medical Physics* 48, 7382-7398.

[3] Shaharuddin, S., Hart, A., Bazalova-Carter, M., Beaulieu, L., Giguere, C., Kleefeld, C., Foley, M.J., 2022. Evaluation of scintillation detectors for ultrahigh dose-rate x-ray beam dosimetry, in: *Optical Sensing and Detection VII*. SPIE, pp. 170-177.

[4] Qin, Z., Hu, Y., Ma, Y., Lin, W., Luo, X., Zhao, W., Sun, W., Zhang, D., Chen, Z., Wang, B., Lewis, E., 2016. Water-equivalent fiber radiation dosimeter with two scintillating materials. *Biomed. Opt. Express*, BOE 7, 4919-4927.

## FM-39 Síntesis de $CaCO_3$ nanocrystalino por precipitación: influencia de las variables de síntesis en la retención del polimorfo vaterita

González M M<sup>1 2</sup>, Soldati A<sup>3 1</sup>, Troyón P<sup>4</sup>, Tognoli V<sup>5</sup>, Lamas D<sup>6</sup>

<sup>1</sup> CNEA-INTECNUS (Instituto de Tecnologías Nucleares para la Salud)

<sup>2</sup> Universidad de San Martín

<sup>3</sup> INN-CONICET

<sup>4</sup> Departamento de Caracterización de Materiales, Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>5</sup> Laboratorio de Resonancias Magnéticas, Centro Atómico Bariloche, Gerencia de Física, CNEA.

<sup>6</sup> Laboratorio de Cristalografía aplicada, Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de San Martín.

El  $CaCO_3$  nanocrystalino es un interesante vehículo para transportar y liberar radiofármacos en el ambiente ácido de las células tumorales. Sus propiedades de baja toxicidad, alta área superficial y polimorfismo mediado por el pH, lo hace interesante para su estudio traslacional a la clínica [1]. El  $CaCO_3$  presenta tres polimorfos cristalinos: calcita, aragonita y vaterita. El polimorfo estable a temperatura ambiente es la calcita, pero para la mayoría de las aplicaciones se requiere retener el polimorfo vaterita con partículas porosas, de gran área superficial y hábitos redondeados [2,3]. En este trabajo se presenta un estudio sistemático de la síntesis de  $CaCO_3$  nanoes-

estructurado por rutas de precipitación con y sin el agregado de aditivos orgánicos. Se analiza el efecto de la concentración de aditivo, la temperatura de reacción y el pH del medio en la estabilidad de las fases cristalinas y la morfología del material obtenido. La identificación de las fases cristalinas del  $\text{CaCO}_3$  se realizó mediante difracción de rayos X de polvos mientras que los estudios morfológicos se realizaron por microscopías electrónicas de barrido y de transmisión. A partir de este análisis sistemático, se logró optimizar la ruta de síntesis para la completa retención de la fase vaterita.

Referencias [1] Porous Inorganic Carriers Based on Silica, Calcium Carbonate and Calcium Phosphate for Controlled/Modulated Drug Delivery: Fresh Outlook and Future Perspectives. Alexey D. Trofimov, Anna A. Ivanova, Mikhail V. Zyuzin and Alexander S. Timin. *Pharmaceutics* 10 (2018) 167. [2] Anticancer drug delivery system based on calcium carbonate particles loaded with a photosensitizers. Yulia Svenskaya, Bogdan Parakhonskiy, Albrecht Haase, Vsevolod Atkin, Evgeny Lukyanets, Dmitry Gorin, Renzo Antolini. *Biophysical Chemistry* 182 (2013) 11-15. [3]  $\text{CaCO}_3$  vaterite micro-particles for biomedical and personal care applications. Daria B. Trushina, Tatiana V. Bukreeva, Mikhail V. Kovalchuk, Maria N. Antipina. *Materials Science and Engineering: C* 45 (2014) 644-658.

## FM-40 Un estudio dosimétrico de experimentos in vitro en BNCT y su implicancia en la clínica

Dattoli Viegas A M<sup>1 2</sup>, Marcaccio B<sup>3</sup>, Postuma I<sup>4</sup>, Bortolussi S<sup>3 4</sup>, Guidi C<sup>4 3</sup>, Riback J S<sup>2 5</sup>, Provenzano L<sup>2</sup>, Rossini A E<sup>6</sup>, Ferrari C<sup>4 7</sup>, Cansolino L<sup>7 4</sup>, Ferrari M<sup>8</sup>, Portu A<sup>2 5</sup>, González S<sup>2 5</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>3</sup> *Departamento de Física, Universidad de Pavia, Pavia, Italia*

<sup>4</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Pavia, Italia*

<sup>5</sup> *CONICET*

<sup>6</sup> *Laboratorio de Radiopatología, Gerencia de Mediciones y Evaluaciones en protección Radiológica. Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN)*

<sup>7</sup> *Departamento de Ciencias Clínico-Quirúrgicas, Laboratorio de Cirugía Experimental, Universidad de Pavía*

<sup>8</sup> *CERN*

La Terapia de Captura Neutrónica en Boro (BNCT) es una forma de radioterapia basada en la exposición de un tumor, precedentemente enriquecido con boro ( $^{10}\text{B}$ ), a haces de neutrones térmicos. La reacción de captura del neutrón térmico en boro libera dos partículas cargadas con un rango conjunto comparable al diámetro de la célula (*aproximadamente*  $10\mu\text{m}$ ). Por lo tanto, si se logra una concentración preferencial

de boro en el tumor, con respecto al tejido circundante, se puede obtener una alta dosis impartida al blanco tumoral preservando el tejido normal.

En este trabajo se presentan los estudios computacionales de la dosimetría de detalle en experimentos de sobrevida celular llevados a cabo en Italia y Argentina con BNCT. Los experimentos in vitro representan el primer paso en el estudio de factibilidad de aplicación de BNCT en la clínica. A partir de éstos se obtienen las curvas de supervivencia celular de las cuales se determinan los parámetros radiobiológicos que permiten traducir los efectos biológicos de BNCT a la radioterapia convencional. Por lo tanto, la correcta determinación de la dosis en las células es necesaria para predecir y comprender el resultado clínico.

En el presente trabajo se plantea determinar la dosimetría en células cultivadas en monocapa mediante la simulación de las irradiaciones en los experimentos de sobrevida. Utilizando el código de transporte de partículas MCNP, se determinaron factores de corrección a la dosis de las curvas dosis-respuesta. Este estudio se realizó para las líneas celulares de osteosarcoma murino UMR-106, cáncer de cabeza y cuello UTSCC-16A y melanoma humano metastásico Mel-J, considerando los diferentes protocolos de irradiación. Las estrategias de cálculo exploradas incluyeron tanto simulaciones simplificadas de transporte de partículas no cargadas como simulaciones detalladas de transporte de partículas cargadas secundarias. Se analizaron los diferentes protocolos, configuraciones experimentales y campos de radiación presentes en los experimentos realizados.

A partir de los resultados de los estudios mencionados se propone reanalizar las curvas de fracción de sobrevida celular en función de la dosis, con el fin de obtener los parámetros radiobiológicos de los modelos de cálculos de dosis y probabilidad de control tumoral (TCP) relevantes para evaluar la viabilidad de la terapia. Finalmente, se analizó el impacto de la corrección de las curvas de sobrevida celular en la dosimetría de casos clínicos de osteosarcoma y cáncer de cabeza y cuello. Además, a partir de la aplicación de los modelos de dosis y TCP con los nuevos parámetros, se plantea evaluar de forma retrospectiva el tratamiento de pacientes con cáncer de piel enrolados en los ensayos clínicos de BNCT de Argentina.

## FM-41 **Un modelo fenomenológico del crecimiento óseo para el diseño de dispositivos ortopédicos.**

Alonso G<sup>1 2</sup>, Yawny A<sup>1 2 3</sup>, Bertolino G<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> División Física de Metales, Centro Atómico Bariloche, CNEA

<sup>3</sup> CONICET

El tratamiento de las patologías del crecimiento de los huesos largos y vértebras se basa frecuentemente en la modulación del crecimiento mediante la aplicación controlada de

cargas mecánicas. Con esto se logra alterar los procesos de osificación y crecimiento que tienen lugar en una región denominada cartilago de crecimiento, placa epifisiaria o fisis, obteniendo así un efecto correctivo. Las aleaciones con memoria de forma son materiales capaces de sufrir transformaciones de fase martensíticas reversibles que, en el caso del NiTi, permiten obtener alargamientos del orden del 8 % manteniendo una tensión aplicada aproximadamente constante. Estas características las hacen muy apropiadas para la fabricación de dispositivos capaces de ejercer un esfuerzo correctivo sobre diversas deformidades patológicas del cuerpo humano, manteniéndolo a medida que la corrección progresa. Por tal razón resulta primordial cuantificar la magnitud y los efectos del esfuerzo a aplicar. Esto debe hacerse con un grado de certeza tal que, dentro del estado del arte, se pueda asegurar que la utilización durante una prueba clínica de cualquier nuevo dispositivo no supondría un perjuicio para el paciente que lo utilice. Ello requiere una comprensión detallada del crecimiento óseo longitudinal, que permita un diseño adecuado de los elementos a utilizar. En ese sentido, existe muy poca información en la literatura respecto a los efectos de las cargas mecánicas sobre el crecimiento de los huesos en el ser humano [1].

En este trabajo presentamos un nuevo modelo del crecimiento y osificación de la placa epifisiaria, inspirado en una formulación generalizada frecuentemente utilizada para describir el comportamiento mecánico de materiales viscoelásticos [2]. Conceptualmente, dicho modelo expresa que el crecimiento longitudinal, dado por un tensor de crecimiento  $\dot{\epsilon}^0$ , se modifica por acción de una tensión  $\sigma$  dando por resultado una velocidad de crecimiento alterada que puede cuantificarse como

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}^0 + \dot{\epsilon}_B \int_{0^-}^t \mathbf{G}(t - \tau) : \frac{\partial \sigma}{\partial \tau} d\tau. \quad (1)$$

En esta expresión,  $\dot{\epsilon}_B$  representa la tasa de crecimiento volumétrico basal del tejido y  $\mathbf{G}(t - \tau)$  es un tensor que hemos llamado tensor de respuesta del crecimiento. Esta formulación constituye una mejora significativa respecto de otros modelos existentes, dado que permite evaluar el efecto de las cargas mecánicas, tanto sobre la tasa como sobre la dirección del crecimiento, incluyendo el modelado de efectos transitorios. Obtuvimos soluciones analíticas para el problema de crecimiento bajo distintas condiciones de carga, lo que permitió contrastarlo con una colección de experimentos existentes en la literatura. Estimamos los valores de los parámetros del modelo a partir de mediciones realizadas sobre modelos animales. Si bien no es posible asegurar que estos sean válidos para seres humanos, existe evidencia experimental que indica que ciertos factores clave no dependen fuertemente de la especie considerada [3]. Tanto el modelo como el conjunto de parámetros así obtenidos constituyen una base racional sobre la cual basar estudios más complejos orientados al diseño de dispositivos ortopédicos optimizados.

[1] Christian R. D'Andrea, Ausilah Alfraihat, Anita Singh, Jason B. Anari, Patrick J. Cahill, Thomas Schaer, Brian D. Snyder, Dawn Elliott, and Sriram Balasubramanian. Part 1. review and meta-analysis of studies on modulation of longitudinal bone growth and growth plate activity: A macro-scale perspective. *Journal of Orthopaedic Research*, 39(5):907-918, Enero 2021.

[2] M. G. Alonso, A. Yawny, and G. Bertolino. How do bones grow? a mathematical description of the mechanobiological behavior of the epiphyseal plate. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, págs. 1617-7940, Junio 2022.

[3] Ian A. F. Stokes, David D. Aronsson, Abigail N Dimock, Valerie Cortright, and Samantha Beck. Endochondral growth in growth plates of three species at two anatomical locations modulated by mechanical compression and tension. *Journal of Orthopaedic Research*, 24:1327-1334, 2006.

## FM-42 Validación de un detector Geiger Mueller para el control de pureza radioquímica en radiofármacos marcados con $^{99m}\text{Tc}$

González M M<sup>1 2</sup>, Soldati A<sup>3 2</sup>, Cuello N<sup>2</sup>, Poma A L<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Nacional de San Martín*

<sup>2</sup> *CNEA-INTECNUS (Instituto de Tecnologías Nucleares para la Salud)*

<sup>3</sup> *INN-CONICET*

Dentro de los controles periódicos recomendados por la IAEA y requeridos por el ANMAT en la radiofarmacia hospitalaria de Medicina Nuclear Convencional, se encuentra el control de pureza radioquímica de los radiofármacos marcados con  $^{99m}\text{Tc}$  a partir de kits liofilizados. Este control permite determinar el porcentaje de  $^{99m}\text{Tc}$  libre en comparación con el que se ha adosado correctamente a la molécula biológica para formar el radiofármaco, que es el componente activo que se deposita preferentemente en un sitio de interés del organismo para la realización del estudio. Para ello, se utilizan técnicas de cromatografía de papel ascendente que permiten la separación de las moléculas marcadas con respecto al tecnecio libre, a partir de la utilización de una o más fases móviles y estacionarias con una microgota del radiofármaco. En la práctica clínica, es regular la utilización de un activímetro (cámara de ionización calibrada) para medir la actividad de los fragmentos de la corrida cromatográfica. Si bien la actividad de los fragmentos se encuentra en el orden de las decenas a centenas de  $\mu\text{Ci}$ , debido a la presencia de múltiples fuentes radiactivas en la pantalla de fraccionamiento donde se encuentra instalado el activímetro, el fondo suele ser más alto que la actividad de cada fragmento. En este trabajo se evaluó un detector Geiger Mueller utilizado rutinariamente en el servicio de Medicina Nuclear para control de

contaminaciones superficiales, como alternativa en el control de pureza radioquímica de radiofármacos marcados con  $^{99m}\text{Tc}$ . Se realizaron para ello estudios del análisis de errores y de la respuesta del detector ante concentración de actividad y tiempo de medición, en comparación con un activímetro. Luego, se utilizó el método para determinar la pureza radioquímica de los compuestos  $^{99m}\text{Tc}$  -MDP y  $^{99m}\text{Tc}$  -MIBI, obteniendo valores comparables con los resultantes de la prueba de cromatografía de papel ascendente medida en activímetro y del método de frascos de partición provisto por Laboratorios BACON SAIC. A partir de la metodología utilizada se determinó una curva de calibración del detector GM para determinar la actividad de los fragmentos de corrida. Se obtuvieron resultados comparables con los de la cámara de ionización y de frascos de partición de fase líquida comerciales, validando la metodología para su utilización en la práctica clínica.

## FM-43 Violet LED lamp-induced autofluorescence spectroscopy for non-melanoma skin cancer detection

Etcheverry M E<sup>1 2</sup>, Pasquale M A<sup>3 2</sup>, Garavaglia M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Ópticas, CONICET La Plata - CIC-BA

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas, CONICET y Universidad Nacional de La Plata

Skin cancers are a serious disease, its incidence growing worldwide as a result of the increase in the dose of nonhealthy UV radiation, climatic changes and the social conditions of individuals. The early detection of and the development of more efficient treatments for this neoplastic disease are crucial for improving the survival rate. A variety of new and emerging diagnostic strategies based on spectroscopic techniques such as non-invasive one-point fluorescence (PF) detection, are available to improve the screening procedure [1,2]. PF technique provides useful information for monitoring the evolution of the abundance and distribution of endogenous or exogenous fluorophores associated with the neoplastic disease in low-pigmented superficial neoplasia [3,4]. The main objective of the present study was to develop a violet LED light source suitable for medical application devoted to the diagnostic and treatment of non-melanoma skin cancers. For this purpose, we constructed a 12 W violet LED lamp (with maximum emission peak at 405 nm) made up of four mobile 3 W LED, each one coupled to a heatsink and a lens, and mounted on a platform with adjustable screws. The power supply allows to modify the intensity of illumination. The LED lamp was characterized employing a spectrometer provided with a CCD detector, UV coating filter for reduction of second-order effect, coupled to an optical fiber. The irradiance for different distances between the lamp and the detector was assessed.

Furthermore, the radiant power and the radiant intensity were evaluated. Data were compared with a simulated LED lamp by using the Zemax optic software for the realization of luminaires with the desired characteristics and modes of operation to deliver the energy density at the interest point, as required for medical applications. The developed lamp in combination with a portable spectrometer was employed under medical supervision to detect differences in the emission spectrum of skin suspicious regions and healthy ones located at the head of a patient with non-melanoma skin cancer. The light of the LED lamp was concentrated in the examined region by means of the proper focusing of the four individual LEDs, rendering a high intensity homogeneous spot. Thus, endogenous chromophores at the skin were excited, and the emission intensity appeared to be enough to detect an enhanced peaked structure around 600 nm for some suspicious regions before treatment in comparison with healthy regions. These differences can be related to the augmented protoporphyrin IX content in neoplastic regions. Results presented in this work indicates the usefulness of the developed and characterized LED lamp as an easy-to-use device for the non-invasive detection of skin neoplastic pathologies, before and after treatment, with the aim of better define the malignant regions as well as predict the outcome of a certain treatment.

[1] Liu Q. (2011). Role of Optical Spectroscopy Using Endogenous Contrasts in Clinical Cancer Diagnosis, *World J Clin Oncol*, 10, 50-63.

[2] van Straten D, Mashayekhi V, de Bruijn HS, Oliveira S, Robinson DJ. Oncologic Photodynamic Therapy: Basic Principles, Current Clinical Status and Future Directions. *Cancers (Basel)*. 2017 Feb 18;9(2):19. doi: 10.3390/cancers9020019. PMID: 28218708; PMCID: PMC5332942.

[3] Borisova E., L. Avramov, P. Pavlova, E. Pavlova, P. Troyanova (2010). Qualitative Optical Evaluation of Malignancies Related to Cutaneous Phototype, *Proc. SPIE ?Dynamics and Fluctuations in Biomedical Photonics VII*, 7563, DOI: 10.1117/12.852791

[4] Panjepour M., C. Julius, M. Phan, T. Vo-Dinh, S. Overholt (2002). Laser-induced Fluorescence Spectroscopy for in vivo Diagnosis of Non-melanoma Skin Cancers, *Lasers Surg Med*, 31, 367-373.

# FÍSICA NUCLEAR

## Charlas

Miércoles 28 de septiembre

14:00-14:20

Aulas Nuevas 3

### Viabilidad del Reactor Híbrido de Fusión-Fisión (FFHR) por cascada multiplicadora

García Gallardo J A<sup>1</sup>, Giménez M A N<sup>1</sup>, Gervasoni J L<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

Uno de los aspectos más controvertidos de la energía nuclear es el manejo de los elementos combustibles gastados provenientes de las centrales nucleares, lo que en la jerga popular se conocen como *residuos nucleares*, y dentro de ellos, los isótopos que más preocupación despiertan en la industria se encuentran los *actínidos menores* dada su radiotoxicidad, y el plutonio asociado a la proliferación armamentística. Los nuevos conceptos de reactores nucleares se caracterizan por tender hacia una mayor eficiencia y aprovechamiento de los recursos, al mismo tiempo que pretenden resolver el problema de los residuos. Entre estos nuevos conceptos, se encuentran los Reactores Híbridos de Fusión-Fisión (FFHR) que son sistemas formados por un dispositivo de fusión nuclear y un *conjunto subcrítico* de fisión. La función del dispositivo de fusión es proporcionar neutrones para alimentar al conjunto subcrítico que usa esos neutrones para generar energía. El dispositivo de fusión emplea Deuterio-Tritio (D-T) como combustible, por lo que genera neutrones de 14 MeV, permitiendo al FFHR sustentar un *espectro rápido*, que podría ser utilizado para quemar los isótopos indeseables [1]. Desde hace unas décadas, varios proyectos de FFHR han sido propuestos, aunque desafortunadamente todos ellos adolecen de la falta de una fuente de neutrones eficiente. Sin embargo, en los últimos años, se ha planteado resolver este problema mediante la combinación del *Plasma de Foco Denso* (DPF), que es un sencillo dispositivo de fusión nuclear [2]; y la *Cascada Multiplicadora* que se basa en una disposición geométrica específica del combustible y de los materiales empleados [3,4]. En este trabajo se analiza la viabilidad de un FFHR basado en un DPF que funciona con D-T y Cascada

Multiplicadora. También se analiza su capacidad de generar un espectro neutrónico rápido, y la posibilidad de autoabastecerse de tritio. Los resultados indican que bajo ciertas condiciones, el sistema es autosostenible.

[1] W. M. Stacey, C. L. Stewart, J.-P. Floyd, T. M. Wilks, A. P. Moore, A. T. Bopp, M. D. Hill, S. Tandon and A. S. Erickson, Resolution of fission and fusion technology integration issues: An upgraded design concept for the subcritical advanced burner reactor, Nuclear Technology 187 July 2014.

[2] S. Lee and S. H. Saw, The Plasma Focus-Numerical Experiments, Insights and Applications, Springer Nature, Singapore, 2017.

[3] J.A. García Gallardo, M.A.N. Giménez and J.L. Gervasoni, Nuclear properties of Tungsten under 14 MeV neutron irradiation for fusion-fission hybrid reactors, Annals of Nuclear Energy 147 (2020) 107739.

[4] J.A. García Gallardo, M.A.N. Giménez, Self-sustainability and energy balance in a fast Fusion-Fission Hybrid Reactor (FFHR) based on Dense Plasma Focus (DPF) and multiplicative cascade, Progress in Nuclear Energy 147 (2022) 104184.

**Contacto:** Jorge Antonio García Gallardo, St4r6oy@gmail.com **Código Identificador:** 9125

14:20-14:40

Aulas Nuevas 3

## Diseño conceptual de una fuente de neutrones fríos para el reactor argentino RA-6

Gustinelli H<sup>1</sup>, Longhino J M<sup>2 1</sup>, Torres L<sup>2 1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

El proyecto tiene como finalidad presentar los avances alcanzados en el diseño conceptual de una fuente de neutrones fríos para el reactor RA-6 ubicado en el Centro Atómico Bariloche. El presente tema de estudio ha adquirido relevancia e interés a nivel mundial dentro de los diversos campos de la ciencia y tecnología debido a las numerosas aplicaciones vinculadas al empleo de neutrones subtérmicos o fríos, tales como el estudio de materiales y su composición, la realización de neutrografías y tomografías, estudios de la estructura del ADN, y diversas más. La primera instancia para el diseño de la fuente fría consistió en estudiar y determinar las zonas o regiones óptimas en el reactor RA-6 para ubicar la fuente fría. Se ha recurrido a estudios previos, los cuales han contemplado aspectos fundamentales como perfiles de flujo,

la accesibilidad física e implicancias a nivel neutrónico para incorporar el dispositivo en la pileta, el flujo de neutrones térmicos en los haces predilectos, entre otros. Consecuentemente se ha definido una posición preferencial posicionada en el haz B2 de BNCT. Comenzando con la etapa de diseño, se ha empleado el código de cálculo neutrónico PHITS. En una primera instancia se realizaron simulaciones probando diversos compuestos hidrogenados considerados como buenos materiales moderadores, empleando sustancias tales como agua liviana, metano líquido, benceno y mesitileno. De esta manera, se han obtenido perfiles de flujo a temperatura ambiente (300 K) y a temperaturas frías, las cuales rondan entre 20 y 90 K. Particularmente en el caso de las simulaciones a bajas temperaturas se han empleado bibliotecas térmicas, así mismo, del interés particular por estudiar la moderación de los neutrones dentro del espectro térmico, se ha empleado una segmentación a 200 grupos de energía con la finalidad de obtener un mayor grado de precisión en las simulaciones. Posteriormente se procedió a representar el espacio correspondiente a la facilidad de BNCT, donde se estudió la geometría y materiales constructivos adecuados que constituirán la fuente fría. En esta etapa se realizaron análisis para la moderación empleando una fuente teórica de neutrones con propiedades energéticas y características geométricas que simularán de forma práctica el haz de neutrones real proveniente del núcleo del reactor RA-6. Finalmente, se obtuvo como resultado de esta etapa los espectros de flujo de neutrones fríos simulando el entorno real de operación que incluye un primer diseño a optimizar de la fuente fría. Como proyección a futuro se pretende optimizar el diseño de la geometría de la fuente de neutrones fríos empleando valores reales medidos de la fuente de neutrones que pasarán por el haz B2 de BNCT.

Palabras clave: neutrones fríos, fuente fría, mesitileno

**Contacto:** Huilén Gustinelli, huilen.gustinelli@ib.edu.ar **Código Identificador:** 9136

14:40-15:00

Aulas Nuevas 3

## Caracterización de un sistema de detección del tomógrafo de neutrones ASTOR

Ma A<sup>1</sup>, Vega N<sup>2</sup>, Lucero A<sup>2</sup>, Ibañez L<sup>2</sup>, Suarez F<sup>2</sup>, Baez M<sup>2</sup>, Santisteban J<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Laboratorio de Haces de neutrones, Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

La formación de imágenes empleando neutrones o radiografías de neutrones ha surgido desde fines del siglo XX como una de las técnicas más predominantes de análisis de muestras. Este se basa en un principio similar a las imágenes de rayos X. En particular,

los rayos X interactúan con la nube electrónica de los átomos, a diferencia de los neutrones que interactúan con los núcleos. Por ello los elementos pesados presentan alta atenuación de rayos X pero baja para los neutrones.

La aplicación de esta tecnología ha sido de gran interés en las últimas décadas, ya que permite realizar ensayos no destructivos 2D y 3D, estudios de hidrógeno en diferentes materiales, control de calidad en el campo industrial, etc.

En este contexto, la Comisión Nacional de Energía Atómica ha diseñado y ejecutado el Laboratorio Argentino de Haces de Neutrones, este contará con instrumentos de clase mundial dedicados a la difracción, reflectometría, dispersión a bajo ángulo y generación de imágenes y tomografías empleando neutrones. Para esta última tarea se encuentra en proceso el montaje del instrumento ASTOR (Advanced System for Tomography and Radiography) que contará con sistemas para la adquisición de imágenes y tomografías con selección de energía, neutrones polarizados, en modo dual con rayos X entre otras prestaciones.

Nuestro trabajo consistió en caracterizar el mock-up del sistema de detección de ASTOR. Este funciona gracias a una lámina centelladora que transforma la radiación de neutrones en luz visible que es reflejada por un espejo, enfocada por un lente y colectada por una cámara CCD refrigerada [1]. Actualmente el mock-up se encuentra en el estado inicial, constituido por una caja de aluminio, la cámara de astronomía refrigerada QHY 178M con distintos lentes y tubos de extensión. Contamos con transparencias que poseen patrones para determinar resolución óptica, y los mismos patrones fabricados en óxido de gadolinio que es un material que presenta alto contraste neutrónico y permitirá determinar la resolución del sistema con neutrones.

Bajo este planteo, se diseñó un sistema de iluminación de baja intensidad para imitar el brillo del centellador. Este utiliza un tubo de extensión donde a un extremo se le introduce la salida de la caja de aluminio, y al otro extremo una tapa con LEDs adheridos. Se realizó el diseño con el fin de poder variar la longitud del tubo (la distancia de la tapa a la cámara), y la cantidad y distribución de LEDs. Se fabricaron los modelos mencionados utilizando impresión 3D con PLA, y se ajustó la iluminación conectando los LEDs en paralelo y a una fuente de tensión variable.

Se evaluó el contraste y resolución espacial por medio de análisis computacionales semi-automáticos y automáticos, utilizando programas como ImageJ y bibliotecas de Python. En particular, se colocaron sobre la salida del detector transparencias con patrones de borde, de barra y estrellas Siemenes. El primer patrón permitió hacer un estudio profundo y automático de Line-Spread Function y Modulación Transfer Function (MTF), mientras que con el segundo y tercer patrón se logró verificar la resolución en todas las direcciones [2]. De esta manera se estudiaron las condiciones óptimas del sistema para maximizar la capacidad resolutive, variando lentes, tiempos de exposición, campo de visión y apertura del diafragma. Posteriormente, se analizaron otros aspectos estandarizados, tal como la linealidad, sensibilidad, corriente de

oscuridad, etc. [3]

Por último, también se estudió la resolución en un reactor. Para esto se utilizó un film de disprosio ya que este material emite partículas beta cuando se lo irradia con haces de neutrones. Se emplearon patrones micromecanizados de óxido de gadolinio en forma de estrella Siemens y en forma de cuadrado y se los fijaron delante del film. Se realizó una exposición de 90 minutos, y se colocó el film de disprosio sobre una placa radiocrómica por 10 horas para obtener el correspondiente contraste. Se estudiaron las imágenes obtenidas con el análisis computacional mencionado anteriormente, y se compararon los resultados con el sistema óptico.

[1] N. Kardjilov et al. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research vol. 651, n.o 1, pp. 95-99 (2011)

[2] ISO12233 (2017)

[3] EMVA Standard 1288 Release 4.0 (2021)

**Contacto:** Annameng Ma, maannameng@gmail.com **Codigo Identificador:** 9129

15:00-15:20

Aulas Nuevas 3

## Estructura del halo borromeano supergigante $^{22}\text{C}$

Gerdau F N<sup>1</sup> 2, Id Betan R M<sup>1</sup> 2 3

<sup>1</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

<sup>2</sup> Instituto de Estudios Nucleares y Radiaciones Ionizantes

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

En este trabajo se utilizó el modelo de capas con energía compleja y la representación de Berggren para estudiar la estructura de los núcleos  $^{21}\text{C}$  y  $^{22}\text{C}$ . El núcleo  $^{21}\text{C}$  fue estudiado utilizando la aproximación de un neutrón interactuando con un carozo formado por los nucleones restantes. Al núcleo  $^{22}\text{C}$  se lo modelizó de manera similar, pero considerando al sistema como dos neutrones que interactúan entre sí y con el carozo. Al sistema de dos partículas se lo estudia utilizando la base generada por el sistema de una sola partícula, con la particularidad de que se utilizan solo resonancias y estados de dispersión, esto se debe a que el núcleo  $^{21}\text{C}$  no es estable y, por lo tanto, la base no incluye estados ligados. La evidencia experimental propone que puede existir un estado antiligado dentro del espectro energético de este núcleo. Se propone un método para estudiar la influencia del mismo. Se obtiene el espectro energético para ambos núcleos y, para el  $^{22}\text{C}$ , se calcula su radio y se estudia su evolución respecto a distintos parámetros energéticos. Se analizan los resultados obtenidos y se comparan con resultados presentes en la literatura.

**Contacto:** Franco Nicolás Gerdau, fn.gerdau@gmail.com **Código Identificador:** 8581

15:20-15:40

Aulas Nuevas 3

## Clusterización alfa en $^{44}\text{Ti}$

Id Betan R<sup>1</sup>, Dassie A<sup>1</sup>, Nazarewicz W<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

<sup>2</sup> Michigan State University

La colectividad de dos protones y dos neutrones en el estado fundamental y excitado del núcleo  $^{44}\text{Ti}$  es estudiada mediante el modelo de capas en el plano de energía complejo. La influencia del espectro continuo de energía es analizada a través de las resonancias. Mostraremos que, al menos uno de los estados excitados sobre el umbral de decaimiento alfa muestra colectividad, por lo que puede ser considerado como candidato a decaer en alfa.

**Contacto:** Rodolfo Id Betan, idbetan@ifir-conicet.gov.ar **Código Identificador:** 8981

15:40-16:00

Aulas Nuevas 3

## Decaimiento alfa en los núcleos $^{212}\text{Po}$ y $^{44}\text{Ti}$

Dassie A C<sup>1 2 3</sup>, Id Betan R<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

<sup>3</sup> Instituto de Estudios Nucleares y Radiaciones Ionizantes

El decaimiento alfa puede ser pensado como un proceso de dos pasos: en una primera instancia, el cluster alfa es formado dentro de un núcleo con número atómico  $A$ . Esta partícula alfa se encuentra entonces en un estado metaestable, producto del potencial generado por la partícula resultante  $A - 4$ . Entonces, en una segunda instancia, la partícula alfa escapa de la barrera de potencial a través del efecto túnel.

En este proyecto, trabajamos con los isótopos  $^{212}\text{Po}$  y  $^{44}\text{Ti}$ , siendo el primero de ellos un núcleo típico en el estudio del decaimiento alfa. En primer lugar, construimos la función de onda de cuatro partículas a través de la interacción espín-isoespín efectiva entre pares de nucleones, respetando la simetría del isoespín. Con estas funciones de onda, se calcula la amplitud de formación  $g_L(R)$ , la cual, luego de una renormalización necesaria, está directamente relacionada tanto al ancho reducido  $\gamma_L^2$  como al factor

espectroscópico  $\mathcal{S}_L$ , relacionado a la "cantidad de clusterización". De esta manera, tendríamos descrita la primera etapa del decaimiento.

La segunda etapa del decaimiento, podemos caracterizarla a través de la penetrabilidad de la barrera de potencial generada por la partícula resultante  $A - 4$ , como así también mediante el ancho de decaimiento de partícula simple  $\Gamma_L^{sp}$ .

Ambas etapas se combinan en el ancho absoluto  $\Gamma_L$ , obteniendo resultados para cada isótopo, tanto para sus estados fundamentales, como para otros excitados. Luego, obtenemos valores del tiempo de vida media  $T_{1/2} = \hbar \ln(2) / \Gamma_L$  del  $^{212}\text{Po}$  comparables a los experimentales, mientras que para el isótopo  $^{44}\text{Ti}$  obtenemos resultados de orden predictivo.

**Contacto:** Alan Cruz Dassie, [dassiealan@gmail.com](mailto:dassiealan@gmail.com) **Codigo Identificador:** 9184

## Jueves 29 de septiembre

14:00-15:00

Aulas Nuevas 3

### Mesa Redonda: diálogo para la cooperación

Este espacio es para intercambiar información entre colegas de distintos centros de investigación sobre temas o técnicas de cálculo en el área de Física Nuclear que pueden resultar de interés común. El propósito de esta mesa redonda es habilitar la posibilidad de cooperaciones. No se requiere inscripción previa.

**Contacto:** Rodolfo Id Betan, [idbetan@ifir-conicet.gov.ar](mailto:idbetan@ifir-conicet.gov.ar) **Codigo Identificador:** 9147

# FOTÓNICA Y ÓPTICA

## Charlas

Miércoles 28 de septiembre

14:00-14:15

Aula Inv. Aplicada

### Cuantificando la emisión de fotones únicos en presencia de luz clásica intensa

Knoll L<sup>1, 2</sup>, Petrini G<sup>2</sup>, Piacentini F<sup>2</sup>, Traina P<sup>2</sup>, Polyakov S<sup>3</sup>, Moreva E<sup>2</sup>, Degiovanni I P<sup>2</sup>, Genovese M<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CITEDEF) - UNIDEF - CO-NICET*

<sup>2</sup> *Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica*

<sup>3</sup> *National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899, USA*

En este trabajo presentamos una técnica novedosa para la reconstrucción de campos ópticos multimodo, basada en la utilización simultánea de la función de correlación de Glauber generalizada de orden  $K$  ( $g^{(K)}$ ) y una función de anti-correlación propuesta recientemente (llamada  $\theta^{(K)}$ ) que es resiliente al ruido Poissoniano. Demostramos experimentalmente cómo este método supera al método basado únicamente en  $g^{(K)}$ , siendo más robusto y, al mismo tiempo, menos exigente en restricciones "a priori" e información requerida sobre el estado óptico bajo prueba. Nuestra técnica es adecuada para un uso generalizado en aplicaciones reales de mediciones cuánticas de luz, desde información cuántica hasta metrología cuántica, especialmente cuando se necesita caracterizar conjuntos de emisores de un solo fotón en presencia de ruido de fondo (debido, por ejemplo, a luz láser residual, luz de fondo o fluorescencia no deseada).

**Contacto:** Laura Knoll, lauraknoll@gmail.com **Código Identificador:** 8970

14:15-14:30

Aula Inv. Aplicada

### Diseño de nuevos detectores para interferencia de baja coherencia mediante cavidades Fabry-Perot

Cerrotta S<sup>1</sup>, Morel E N<sup>2</sup>, Torga J R<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Fotonica Aplicada, Facultad Regional Delta, Universidad Tecnológica Nacional

<sup>2</sup> Grupo de Fotónica Aplicada ? Facultad Regional Delta ? Universidad Tecnológica Nacional

La interferencia de baja coherencia en el dominio de las frecuencias (FD-LCI) [1] es una técnica no invasiva que usa un fuente de luz de ancho de banda para medir las diferencias de camino óptico presentes en una muestra. La detección se realiza con un espectrómetro que mide la interferencia acumulada de cada longitud de onda con que se ilumina. Esta técnica existe hace varias décadas y ha sido extensamente estudiada en Medicina, durante los últimos años, sus principales características han empezado a atraer el interés de la Industria[2]. La resolución micrométrica, los rangos de medición comprendidas entre algunos micrones a varios milímetros, mediciones en tiempo real y sin contacto, el acceso a la información tanto de la superficie como del interior del material (o proceso) de interés. Industrias regionales e internacionales de plásticos, pinturas, recubrimientos, metales y vidrios requieren además otras condiciones como: Extender el máximo del rango de medición, diseñar y desarrollar equipamientos robustos y su reducción en costo económico para que la actividad industrial sea redituable. En este trabajo se estudia la viabilidad teórica de dos posibles detectores basados en cavidades Fabry-Perot (CFP) que podrían reemplazar al espectrómetro. Un detector se basa en la sintonización del tamaño de la CFP para detectar con un fotodiodo la intensidad asociada a cada longitud de onda[3]. Mientras que la segunda usa una CFP fija y una cámara para detectar, utiliza la separación espacial de la posición de los anillos de interferencia para distintas longitudes de onda. El objetivo es que estas nuevas formas de detección pueden traer nuevas soluciones a las necesidades demandadas por el ámbito industrial. Para demostrar la viabilidad teórica de estos detectores se simuló la propagación de haces gaussianos en CFP [4] considerando haces de diferentes cinturas, longitudes de onda y distancias tanto sobre el eje de propagación como radiales a ella y para distintos tamaños, formas y reflectividades de la cavidad. Y se diseñaron los parámetros óptimos para detectar señales de LCI centradas en 850 nm. Finalmente se introdujeron señales Interferométricas típicas de FD-LCI a los nuevos detectores para comprobar su funcionamiento.

[1] W. Drexler and J. G. Fujimoto, "Optical coherence tomography: Technology and applications, second edition," *Opt. Coherence Tomogr. Technol. Appl. Second Ed.*, pp. 1?2571, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-06419-2.

D. Stifter, "Beyond biomedicine: A review of alternative applications and developments for optical coherence tomography," *Appl. Phys. B Lasers Opt.*, vol. 88, no. 3, pp. 337?357, 2007, doi: 10.1007/s00340-007-2743-2.

T. J. Eom et al., "Narrowband wavelength selective detector applicable SD-OCT based on Fabry-Perot tunable filter and balanced photoreceiver," *Coherence Domain*

Opt. Methods Opt. Coherence Tomogr. Biomed. XII, vol. 6847, no. 2008, p. 68470R, 2008, doi: 10.1117/12.766436.

E. Nichelatti and G. Salvetti, "Interferometer illuminated by a Gaussian beam," *Appl. Opt.*, vol. 34, no. 22, pp. 4703-4712, 1995, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1364/AO.34.022003>

**Contacto:** Santiago Cerrotta, [cerrottasantiago@gmail.com](mailto:cerrottasantiago@gmail.com) **Código Identificador:** 8579

14:30-14:45

Aula Inv. Aplicada

## Enfriamiento láser de nanopartículas atrapadas: avances teóricos y experimentales

Mendicino L R<sup>1</sup>, Schmiegelow C T<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Depto. Física, FCEyN (UBA) - IFIBA - CONICET*

Compartiremos nuestros avances respecto al atrapado y enfriado de nanopartículas. Con el fin de atraparlas construimos una trampa de Paul lineal con un diseño en forma de cuchillas; presentaremos resultados de pruebas de eyección y cargado de micropartículas de Licopodio en una trampa de Paul anular vía desorción acústica inducida por láser, método seco que permitirá atrapar en ultra alto vacío en la trampa lineal.

Comentaremos los siguientes pasos del proyecto que consistirán en el cargado de nanopartículas en vacío en la trampa lineal, la detección de la posición de una nanopartícula atrapada vía métodos interferométricos y el enfriamiento del centro de masa de la nanopartícula vía un método de feedback eléctrico.

Las nanopartículas que atraparemos están hechas de  $\text{NaYF}_4$  y dopadas con  $\text{Er}^{3+}$  e  $\text{Yb}^{3+}$  con el fin de llevar a cabo experimentos de enfriamiento láser. En el método típico de enfriamiento, conocido como enfriamiento anti-Stokes, se actúa ópticamente con un único láser sobre los niveles electrónicos del  $\text{Yb}^{3+}$  dopante con el objetivo de reducir la energía de vibración de todo el cristal. Con este método se han alcanzado temperaturas mínimas del orden de los 100K; con el fin de superar este límite, ensayaremos protocolos de enfriamiento láser multiniveles y realizamos estudios numéricos en busca de verificar la factibilidad de los mismos.

**Contacto:** Lucas Mendicino, [lcsmendicino@gmail.com](mailto:lcsmendicino@gmail.com) **Código Identificador:** 8840

14:45-15:00

Aula Inv. Aplicada

## Frecuencia principal, súper ancho de banda y generación de armónicos de bajo orden mediante pulsos supersocilatorios

Neyra E G<sup>1</sup>, Biasetti D A<sup>2 3</sup>, Videla F<sup>1 4</sup>, Rebón L<sup>5</sup>, Ciappina M<sup>6 7 8</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Ópticas, CONICET La Plata - CIC-BA

<sup>2</sup> Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Gerencia Proyecto LASIE

<sup>4</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata

<sup>5</sup> Instituto de Física de La Plata, CONICET

<sup>6</sup> Physics Program, Guangdong Technion?Israel Institute of Technology

<sup>7</sup> Departamento de Física, Technion, Instituto tecnológico de Israel

<sup>8</sup> Guangdong Provincial Key Laboratory of Materials and Technologies for Energy Conversion

El fenómeno superoscilatorio, en el que una función de banda limitada puede oscilar, localmente, con una frecuencia más alta que la frecuencia más alta de su espectro de Fourier es un proceso contra-intuitivo que sin embargo ha dejado de ser una mera curiosidad matemática para encontrar aplicaciones en diferentes áreas, como supermicroscopía de resolución, acústica, procesamiento de señales, mecánica cuántica, entre otros. Recientemente hemos mostrado que los pulsos superoscilatorios tienen un ancho de banda efectivo superior al fijado por su Transformada de Fourier (superancho de banda). En este trabajo desarrollamos, adicionalmente, una redefinición de la frecuencia principal del pulso, tomando en cuenta tanto la amplitud espectral como la fase del pulso. Este parámetro permite una mejor caracterización de los procesos inducidos por pulsos ultracortos, así como una descripción adecuada de los campos superoscilatorios. Adicionalmente, a través de la solución de la ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo, analizamos la respuesta lineal y no lineal de un sistema atómico interactuando con un pulso superoscilatorio. Describimos completamente las características espectrales de los armónicos fundamental, tercero y quinto, aplicando la versión generalizada de la frecuencia principal y el súper-ancho de banda de los pulsos superoscilatorios.

**Contacto:** Demian Arístide Biasetti, demianbiasetti@gmail.com **Código Identificador:** 9350

15:15-15:30

Aula Inv. Aplicada

## Generación de radiación en el infrarrojo medio mediante dispersión Raman estimulada en una

## celda multipaso

Frigerio Parenza P<sup>1 2</sup>, Biasetti D A<sup>1</sup>, Cortizo E C<sup>1 2</sup>, Rios I<sup>3 2</sup>, Ramos J<sup>1</sup>, Fiol J<sup>1 4</sup>  
<sup>2</sup>, Lamagna A<sup>1 4</sup>, Fainstein P<sup>1 4</sup>, Fregenal D<sup>1 4 5</sup>, Gonzales J<sup>1 4 2</sup>, Zarco M<sup>1</sup>, Kaul E<sup>1 4</sup>  
<sup>2</sup>, Knoblauch P<sup>1 2</sup>, Encina S<sup>1 2</sup>, De La Haye B<sup>1</sup>, Schönhals P<sup>1 2</sup>, Niro F<sup>1</sup>, Perlo L<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> INVAP S.E. Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado

<sup>4</sup> CONICET

<sup>5</sup> Centro Regional Universitario Bariloche - Universidad Nacional del Comahue

Los métodos de separación isotópica asistida por láseres han adquirido mucha relevancia a nivel mundial en los últimos años. La disponibilidad de tecnología láser infrarroja es una de los mayores desafíos en el desarrollo de procesos escalables de enriquecimiento de uranio asistidos por láser. Una solución a estos problemas está basada en fenómenos ópticos no lineales llevados a cabo en celdas multipaso (CMP) de conversión Raman para obtener una línea específica cercana a los  $16\mu\text{m}$  de longitud de onda. La posibilidad de producción de esta línea de emisión en forma estable, con la potencia y frecuencia de repetición necesarias, es un desafío aún vigente.

Desde hace décadas las CMP se han empleado para diversos fines como compresión de pulsos o generación de radiación específica a partir de procesos no lineales. En estas celdas un haz láser, que sufre múltiples reflexiones antes de salir de la celda, interactúa con el gas interior con las intensidades umbrales requeridas y produce radiación láser de la frecuencia necesaria.

En este trabajo se discute la generación de radiación coherente en la región de  $16\mu\text{m}$  mediante dispersión Raman estimulada (SRS de sus siglas en inglés) en una CMP diseñada y construida en el marco del proyecto LASIE, la radiación de bombeo utilizada proviene de un láser pulsado de CO<sub>2</sub> de alta potencia y se utilizan técnicas de mezcla de cuatro colores (FWM de sus siglas en inglés) para la generación de una semilla con el objetivo de reducir los umbrales necesarios.

**Contacto:** Pablo Frigerio Parenza, pablofrigerio@cnea.gob.ar **Codigo Identificador:** 9019

15:30-15:45

Aula Inv. Aplicada

## Generación Eficiente de Segunda Harmónica con Resonancias de tipo QBICs en Metasuperficies de GaP

Moretti G Q<sup>1</sup>, Tittl A<sup>2</sup>, Cortés E<sup>2</sup>, Maier S A<sup>2</sup>, Bragas A V<sup>1</sup>, Grinblat G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Electrónica Cuántica, Departamento de Física, FCEyN-UBA*

<sup>2</sup> *Chair in Hybrid Nanosystems, Nanoinstitute Munich, Faculty of Physics, Ludwig-Maximilians-Universität München, 80539 Munich, Germany*

En los últimos años, las resonancias ópticas en metasuperficies del tipo de estados cuasi ligados en el continuo (QBICs, quasi bound-states in the continuum) han tomado relevancia en diferentes aplicaciones. Una de ellas siendo la generación eficiente de luz con procesos no lineales en materiales dieléctricos. Esta utilidad es facilitada por las características principales de este tipo de resonancias, amplificaciones elevadas del campo eléctrico y anchos espectrales angostos, con factores de calidad que van entre  $10^2$  y  $10^5$  [1][2]. Entre todos los materiales dieléctricos, el fosforo de galio (GaP) tiene la ventaja de tener un elevado índice de refracción con baja absorción en el espectro visible y una susceptibilidad no lineal alta.

Para excitar estos modos, se debe partir de una estructura periódica simétrica y acoplar el sistema a la luz incidente mediante la ruptura de alguna simetría, siendo el procedimiento usual deformar la geometría inicial [3]. En este trabajo, a diferencia de trabajos anteriores, se aprovecha la distribución del campo eléctrico y se agrega un elemento perturbativo en posiciones que permitan 'optimizar' la asimetría. Esto tiene la ventaja de ser un diseño más sencillo para las técnicas de fabricación actuales [4] y permite un gran control sobre la resonancia. El novedoso diseño presenta una resonancia QBIC para longitudes de onda cercanas a 970 nm.

Aprovechando que el campo eléctrico es altamente amplificado dentro del material, se utilizaron las propiedades ópticas del GaP para computar la eficiencia de generación de segunda armónica. Se obtiene una eficiencia teórica máxima de 0.5 % [5] para potencias en el orden de 1 mW. Estas estimaciones tienen en cuenta términos no lineales perturbativos como el agotamiento del bombeo y el efecto Kerr óptico. La eficiencia máxima reportada para metasuperficies de GaP con intensidades similares es de  $2 \times 10^{-5}$  % [6], lo que demuestra que hay lugar para amplias mejoras en este tipo de sistemas para el futuro.

[1] L. Zhuojun et al, Physical Review Letters 123 (2019) 253901

[2] G. Q. Moretti et al, Nanophotonics 10 (2021) 4261-4271

[3] K. Koshelev et al, Physical Review Letters 121 (2018) 193903

[4] J. Kuhne et al, Nanophotonics 10 (2021) 4305-4312

[5] G. Q. Moretti et al, Advanced Photonics Research (Accepted, 2022) 2200111

[6] A. P. Anthur et al, Nano Letters 20 (2020) 8745-8751

**Contacto:** Gianni Moretti, giannimoretti16@gmail.com **Código Identificador:** 9099

15:45-16:00

Aula Inv. Aplicada

## Resonancia de Plasmones Superficiales Híbridos en Arreglos de Nanopartículas y Nanopartícula Única

Pedano M<sup>1 2</sup>, Anguiano S<sup>1 3</sup>, Lee J B<sup>4</sup>, Po S<sup>5</sup>, Palma Do Carmo M<sup>5</sup>, Reynoso A A<sup>2</sup>, Maier S A<sup>4</sup>, Fainstein A<sup>1 2</sup>, Cortés E<sup>4</sup>, Rakovich A<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Laboratorio de Fotónica Optoelectrónica-Instituto de Nanociencia y Nanotecnología nodo CAB, CNEA-CONICET

<sup>3</sup> Dispositivos y Sensores, Instituto de Nanociencia y Nanotecnología nodo CAB, CNEA-CONICET

<sup>4</sup> Ludwig-Maximilians-Universität München, 80333 Munich, Germany

<sup>5</sup> Photonics and Nanotechnology Group, Physics Department, King's College London

Demostramos que en nuestro laboratorio pudimos desarrollar una técnica híbrida entre resonancia de plasmones superficiales (SPR) y espectroscopía Raman aumentada por superficie (SERS), para el estudio de plasmones superficiales híbridos, entre los plasmones propagantes en un film metálico y los plasmones localizados en nanopartículas metálicas (NPs), en sustratos para SPR nanoestructurados con nanorods de oro dispersos aleatoriamente [1-2]. De este modo se logró combinar las ventajas de ambas técnicas, es decir, el 100Sin embargo, la asimetría de los nanorods y la aleatoriedad en la dispersión de los mismos sobre el sustrato presentaban ciertas complicaciones en la interpretación de simulaciones computacionales. En esta oportunidad, estudiamos el efecto de los plasmones superficiales híbridos en arreglos de 10 × 10 nanopartículas esféricas de 80 nm de diámetro, estampadas sobre un sustrato para SPR [3] y en NPs únicas. Medimos el incremento de la señal híbrida SPR-SERS de una monocapa de bifenil-4-tiol autoensamblada sobre la superficie del sustrato, entre el arreglo de nanopartículas. El principal resultado fue que logramos medir el plasmón superficial de un arreglos de 10 × 10 NPs y de una nanopartícula única, junto a la señal híbrida SPR-SERS de pocas moléculas debajo de dicha NP. Esta capacidad de medir el plasmón de una única NP y el grado de sensibilidad logrado constituye en gran avance hacia la aplicación de estas superficies para la detección molecular y estudio de reacciones moleculares en nanopartículas únicas.

### REFERENCIAS

[1]. S. Po; M. P. Carmo; M. Zhao; S. Anguiano; M. L. Guyon; A. Reynoso; E. Cortes; S. Maier; A. Fainstein; L. Pedano; A. Rakovich. Hybrid plasmonic-SERS based biosensing. 2020 International Conference Laser Optics (ICLO), 2-6 Nov. 2020, DOI: 10.1109/ICLO48556.2020.9285508, INSPEC Accession Number: 20243704. <https://ieeexplore>

[2]. M. L. Pedano\*, M. Palma do Carmo, S. Po, M. Zhao, M. Gutiérrez, J. B. Lee, L. Nan, A. A. Reynoso, E. Cortés, S. Maier, A. Scarpettini, A. Rakovich, A. Fainstein. Acoplamiento spr-sers para el estudio de plasmones híbridos en sustratos nanoestructurados. Nano 2020-21, PF29.

[3]. Joong Bum Lee, Harriet Walker, Yi Li, Tae Won Nam, Aliaksandra Rakovich, Riccardo Sapienza, Yeon Sik Jung, Yoon Sung Nam,\* Stefan A. Maier, and Emiliano Cortes \*, ACS Nano 14 (2020) 12, 17693-17703.

**Contacto:** María Laura Pedano, ml.pedano@cab.cnea.gov.ar **Código Identificador:** 9313

**Jueves 29 de septiembre**

14:00-14:15

Aula Inv. Aplicada

## Transiciones de fase ópticas en redes fotónicas no lineales de muchos modos.

Fernández-Alcázar L J<sup>1 2</sup>, Ramos A Y<sup>1 2</sup>, Shapiro B<sup>3</sup>, Kottos T<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (CONICET - Universidad Nacional del Nordeste)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - Universidad Nacional del Nordeste

<sup>3</sup> Departamento de Física, Technion, Instituto tecnológico de Israel

<sup>4</sup> Wave Transport in Complex Systems Lab, Department of Physics, Wesleyan University, Middletown, CT-06459, USA

En los últimos años se ha incrementado el interés en sistemas ópticos no lineales de muchos modos, tales como fibras ópticas multimodales, en gran medida debido a la búsqueda de mayor capacidad de transferencia de información en una única fibra. Este resurgimiento en el estudio de sistemas ópticos no lineales ha llevado no solo a nuevas oportunidades de observar nuevos fenómenos ópticos, sino también a nuevos desafíos teóricos para entender su dinámica emergente [1]. Nosotros investigamos la dinámica colectiva de modos interactuantes no lineales en configuraciones fotónicas multimodales [2]. Para ello, establecemos una conexión con la teoría de redes de espín. Estos 'espines fotónicos' emergentes son complejos, blandos (su magnitud no está fija) y su dinámica cuenta con dos constantes de movimiento. Nuestro análisis, basado en técnicas de la mecánica estadística, aclara la naturaleza de los estados de equilibrio térmico y revela la existencia de transiciones de fase ópticas que se asemejan a transiciones entre fases ferromagnética, paramagnética y de vidrio de espín. Para una potencia óptica fija, estas transiciones son controladas por la conectividad de

la red, su número de coordinación y la energía total de la señal óptica. En redes estrictamente unidimensionales, mostramos que existe una ley de escaleo (con un único parámetro) que evidencia un pasaje entre fases ferromagnética y paramagnética. La dinámica hacia la termalización en dichas redes muestra que un desorden asociado a las frecuencias modales características inhibe el proceso de relajación al equilibrio [3]. Esperamos que nuestros estudios contribuyan al diseño de nuevas y mejores estrategias para el control del transporte de la luz en sistemas fotónicos de muchos modos.

[1] F. Wu, A. Hassan, and D. Christodoulides, Thermodynamic Theory of Highly Multimoded Nonlinear Optical System, *Nat. Photonics* 13, 776 (2019).

[2] A. Ramos, L. Fernandez-Alcazar, T. Kottos, and B. Shapiro, Optical Phase Transitions in Photonic Networks: A Spin-System Formulation, *Phys. Rev. X* 10, 031024 (2020).

[3] A. Ramos, C. Shi, L. Fernández-Alcázar, T. Kottos, Disorder-hindered optical thermalization in nonlinear multimoded photonic circuits, en proceso de escritura.

**Contacto:** Lucas Jonatan Fernandez, lucasjfernandez@gmail.com **Codigo Identificador:** 9323

14:15-14:30

Aula Inv. Aplicada

## Modelado, fabricación y caracterización de emisores infrarrojos inter-subbanda

Pizarro N A<sup>1 2</sup>, Rozas G<sup>1 3 2</sup>, Salazar Alarcón L<sup>4 2 3</sup>, Anguiano S<sup>4 2 3</sup>, Bruchhausen A<sup>1 2 3</sup>, Dran M<sup>1 2</sup>, Engels F<sup>1 2</sup>, González M<sup>4 3 2</sup>, Martinek L<sup>2</sup>, Pastoriza H<sup>4 3 2</sup>, Proetto C<sup>5 3 2</sup>, Sheffield F<sup>2</sup>, Simonetto M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Fotónica y Optoelectrónica, Centro Atómico Bariloche, CNEA, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, Nodo Bariloche, CNEA-CONICET.

<sup>4</sup> División Dispositivos y Sensores, Centro Atómico Bariloche, CNEA, Argentina.

<sup>5</sup> Grupo de Teoría de la Materia Condensada - Centro Atómico Bariloche

El interés en el rango espectral del infrarrojo medio (MIR), especialmente importante en aplicaciones de espectroscopía y sensado remoto, ha impulsado durante los últimos años la demanda de fuentes potentes, compactas y sintonizables en este rango, en particular de láseres de cascada cuántica (QCLs). Un QCL es un dispositivo unipolar basado en transiciones electrónicas de una subbanda de conducción confinada a otra en un sistema de pozos cuánticos acoplados, permitiendo en principio controlar por diseño la energía de emisión y hacerla arbitrariamente baja, lo cual los hace muy buenos candidatos para láseres en los rangos MIR y FIR. En vista de su complejidad y los numerosos parámetros implicados en su funcionamiento, se requiere de una estrecha correlación entre las propiedades reales de las estructuras fabricadas con las

simulaciones de sus propiedades electrónicas, ópticas y de transporte. En este trabajo presentaremos los avances del proyecto de desarrollo de láseres de cascada cuántica de la Gerencia de Física del Centro Atómico Bariloche.

Por un lado, se completó el desarrollo teórico y numérico necesario para el modelado de los estados electrónicos en estructuras arbitrarias de pozos cuánticos semiconductores, incluyendo la resolución autoconsistente de las ecuaciones de Schrödinger y Poisson. Se avanzó, además, en el estudio de los distintos procesos de dispersión de tipo electrón-electrón y electrón-fonón longitudinal óptico y la implementación numérica del cálculo, incorporando técnicas originales de descomposición del mismo en el espacio de Fourier, con resultados prometedores tanto en velocidad como en precisión.

Por otro lado, se establecieron protocolos de caracterización óptica de muestras, basado en mediciones de fotoluminiscencia, dispersión Raman y elipsometría, que nos permiten obtener una imagen precisa de la composición y los espesores de las muestras estudiadas, todas ellas multicapas semiconductoras basadas en la familia de materiales GaAs/AlAs y sus aleaciones ternarias. Estas caracterizaciones no solo permitieron realizar una verificación de los modelos teóricos, sino también controlar el proceso de crecimiento de muestras mediante la máquina de epitaxia de haces moleculares (MBE) disponible en el Centro Atómico Bariloche, comprobándose la altísima calidad de las muestras crecidas.

Seguidamente, se realizaron estudios específicos de caracterización de materiales semiconductores, con el objetivo de mejorar las herramientas disponibles para entender las estructuras crecidas. Se avanzó en particular sobre dos aspectos: la medición de la composición de aleaciones y la estimación del dopaje por medios ópticos.

Finalmente, a partir de litografía óptica y comida químico húmedo, se crearon cavidades de Fabry-Perot sobre las muestras crecidas y caracterizadas. Se depositaron contactos óhmicos de AuGe/Ni/Au en donde se soldaron cables de Au que fueron utilizados para su excitación eléctrica. Esto permitió realizar mediciones de curvas de tensión en función de corriente a bajas temperaturas y espectroscopia de la luz emitida.

**Contacto:** Nadia Agustina Pizarro, pizarro.nadia.agustina@gmail.com **Código Identificador:** 8902

## oro inducido por luz mediante su emisión de fotoluminiscencia

Violi I L<sup>1, 2</sup>, Martínez L P<sup>2</sup>, Gargiulo J<sup>1, 2</sup>, Barella M<sup>2</sup>, Stefani F<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Nanosistemas, UNSAM

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones en Bionanociencias

La morfología y composición de las nanopartículas metálicas (NPs) determina su respuesta óptica a través de sus resonancias plasmónicas. El crecimiento asistido por plasmones de NPs previamente depositadas es una ruta versátil para ajustar su morfología y composición y, por lo tanto, tiene potencial para obtener NPs con propiedades ópticas específicas. En este trabajo, estudiamos el control del crecimiento inducido por luz de NPs de Au individuales mediante el monitoreo en vivo de su emisión de fotoluminiscencia (PL) en un circuito cerrado. Las NPs de Au con un diámetro de 60 nm se depositaron primero sobre vidrio mediante impresión óptica [1]. Esta técnica permite depositar NPs coloidales en posiciones específicas de un sustrato, creando patrones ordenados. Cada NP se usó luego como semilla para obtener NPs más grandes mediante la reducción asistida por plasmones de HAuCl<sub>4</sub> acuoso usando un láser de 532 nm enfocado [2]. A medida que crecen, la PL se desplaza hacia el rojo de manera similar a como lo hace su espectro de dispersión. Por lo tanto, monitoreando el máximo de emisión  $\lambda_{PLmax}$  es posible detener la reacción cuando se alcanza un valor deseado, controlando indirectamente su tamaño final. Demostramos entonces que el  $\lambda_{PLmax}$  de NP de Au se puede ajustar entre 550 y 580 nm con una precisión de 2-3 nm, y que esto se refleja en sus espectros de dispersión [3]. El método presentado se puede extender fácilmente a otros rangos espectrales, tipos de NPs y reacciones, lo que facilita la fabricación de patrones ordenados de NPs compatibles con propiedades ópticas finamente ajustadas de forma independiente, relevantes para numerosas aplicaciones y áreas de investigación.

REFERENCIAS 1. Violi I. L., L. P. Martínez, M. Barella, C. Zaza, L. Chvátal, P. Zemánek, M. V. Gutiérrez, M. Y. Paredes, A. F. Scarpettini, J. Olmos-Trigo, V. R. Pais, I. Díaz Nóbrega, E. Cortes, J. J. Sáenz, A. V. Bragas, J. Gargiulo and F. D. Stefani. ?Challenges on optical printing of colloidal nanoparticles.? J. Chem. Phys. 156, 034201, 2022. 2. Violi I. L., J. Gargiulo, C. von Bilderling, E. Cortés, and F. D. Stefani ?Light-Induced Polarization-Directed Growth of Optically Printed Gold Nanoparticles? Nano Lett., 16, 10, 6529-6533, 2016. 3. Martínez L. P., J. Gargiulo, M. Barella, I. L. Violi and F. D. Stefani. ?Fine tuning the optical properties of single Au nanoparticles by plasmon-driven growth in closed-loop control? Advanced Optical Materials., 2102724, 2022.

**Contacto:** Ianina Lucila Violi, [ivioli@unsam.edu.ar](mailto:ivioli@unsam.edu.ar) **Código Identificador:** 8874

14:45-15:00

Aula Inv. Aplicada

## REDES SUB LONGITUD DE ONDA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LÍNEAS DE RETARDO ÓPTICO EN FOTÓNICA INTEGRADA

Bustillos M<sup>1, 2</sup>, Tosi M<sup>3, 4</sup>, Fasciszewski A<sup>3</sup>, Guichal G<sup>4, 2</sup>, Bulus Rossini L A<sup>1</sup>, Costanzo Caso P A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Investigación Aplicada en Telecomunicaciones (LIAT), CNEA. Instituto Balseiro (CNEA-UNCuyo). CONICET CCT Patagonia Norte*

<sup>2</sup> *Embedded Technologies (EMTECH SA)*

<sup>3</sup> *Departamento de Micro y Nanotecnología - Centro Atómico Constituyentes - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>4</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica*

La fotónica en silicio es un intento para aprovechar la madurez y el know-how de la tecnología CMOS y aplicarla en el campo de la fotónica y opto-electrónica. Esta tecnología juega un papel fundamental en diversas áreas tales como comunicaciones ópticas de alta velocidad, redes neuronales, supercomputadoras, fotónica cuántica y sensores. Actualmente se espera que la fotónica en silicio revolucione el mercado de transceptores para datacom y telecom. De igual manera otras aplicaciones como sensores y LIDAR tienen una gran perspectiva de desarrollo [1-2]. Las redes sub longitud de onda (Sub Wavelength Grating, SWG) resultan de la segmentación periódica de la guía en escalas por debajo de la longitud de onda, permitiendo la síntesis de metamateriales con características fácilmente manipulables. Esta flexibilidad de elegir las propiedades de las guías de onda utilizando SWG ha permitido la demostración de dispositivos integrados fotónicos con características y desempeño sin precedentes incluyendo rango de operación ultra extendida, confinamiento modal fácilmente ajustado y manejo de la polarización sofisticado. Todo este desarrollo se ha visto plasmado en aplicaciones como acopladores fibra-chip ultra-eficientes, filtro integrados de alto desempeño, divisores de potencia y polarización, control del campo evanescente entre otras [2-3]. Las líneas de retardo ópticas son un componente básico fundamental en el procesamiento fotónico integrado. Entre sus aplicaciones destacan la multiplicación por división de longitud de onda, filtros en microondas y control de corrimiento de fase para aplicaciones de conformación de haz [4]. En nuestro trabajo se utiliza la tecnología SWG para optimizar el desempeño de líneas de retardo óptico para aplicaciones en Optical-Phased-Arrays y conformación de haz. Se realiza el diseño y optimización usando SWG para distintas tecnologías de líneas de retardo y se presenta los resultados de la simulación obtenidas por el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo FDTD.

- [1] S Siew et al, ?Review of Silicon Photonics Technology and Platform Development,? Journal of Lightwave Technology, Vol. 39, no. 13, pp. 4374-4389, (2021) [2] JM Luque-Gonzales et al, ?A review of silicon subwavelength gratings: building break-through devices with anisotropic metamaterials,? Nanophotonics, (2021) [3] P Cheben et al, ?Subwavelength integrated photonics,? Nature, vol. 560, pp. 565-572, (2018) [4] J Wang et al, ?Subwavelength grating enabled on-chip ultra-compact optical true time delay line?, Scientific Reports, vol. 6, no. 30235, (2016)

**Contacto:** Pablo Costanzo, pcostanzo@ib.edu.ar **Codigo Identificador:** 9028

## Sesiones de Posters

- Martes 27/9: FO-1 a FO-30.
- Miércoles 28/9: FO-31 a FO-61.

### FO-1 **Análisis de la exactitud de un patrón de frecuencias a partir del batido de dos señales ópticas referenciadas a diferentes transiciones del $^{87}\text{Rb}$**

Campos Marino M d P<sup>1</sup>, Codnia J<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CITEDEF) - UNIDEF - CONICET

De todas las cantidades medibles la frecuencia es aquella que puede ser determinada con el mayor grado de precisión, alcanzando una incerteza menor a una parte en  $10^{15}$  [1]. Los estándares de frecuencia son dispositivos capaces de producir frecuencias estables y bien conocidas con alta precisión y por ende, proveen una referencia en un amplio rango de frecuencias de interés para ciencia y tecnología. Dentro de los diferentes patrones de frecuencia se han desarrollado patrones de frecuencia ópticos, basados en la absorción de fotones por parte de un gas. La idea se basa en llevar una señal oscilatoria sintonizable a resonancia con un sistema físico de referencia y amarrarla a esa frecuencia con un sistema realimentado. La señal oscilatoria es la frecuencia de emisión de un láser y el sistema de referencia es una transición electrónica o vibrorotacional de un gas atómico o molecular.

Se desarrolló un patrón de frecuencias a partir de un sistema láser sintonizable en la región de 377 THz que constaba de un diodo VCSEL estabilizado en corriente y

temperatura, con el que fue relevado el espectro de absorción del isótopo  $^{87}\text{Rb}$  del átomo de Rubidio en un entorno de la transición D1. Se consiguió referenciar el láser a una de las transiciones hiperfinas del  $^{87}\text{Rb}$  mediante un sistema de control, utilizando lógica programable FPGA y software desarrollados en el laboratorio. A través del análisis de la desviación de Allan fue posible determinar no solo el tipo de ruido presente, sino también la estabilidad relativa en frecuencia del sistema. A su vez, la exactitud del amarre fue obtenida a partir del análisis de la señal de batido entre dos sistemas láser, cada uno referenciado a una transición del  $^{87}\text{Rb}$  diferente. Se incidió con la superposición de ambas señales sobre un fotodiodo de avalancha y con ella pudo determinarse la diferencia de energía entre ambas transiciones.

[1] Fritz Riehle. Frequency Standards. Weinheim, FRG: Wiley, 2003

## FO-2 **Análisis de Piroclastos por Microscopía Holográfica y Clasificación Mediante Estadística Multivariada y Aprendizaje Automático**

Díaz J I<sup>1,2</sup>, Monaldi A C<sup>3,2,4,5</sup>, Budini N<sup>6,7</sup>

<sup>1</sup> *Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) Centro Espacial Teófilo Tabanera*

<sup>2</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta*

<sup>3</sup> *Instituto de Investigación en Energías No Convencionales, CONICET-UN de Salta*

<sup>4</sup> *CONICET*

<sup>5</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de Salta*

<sup>6</sup> *Instituto de Física del Litoral (CONICET-UNL)*

<sup>7</sup> *Departamento de Física, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe*

La Microscopía Holográfica Digital (MHD) es una técnica interferométrica no invasiva que permite visualizar, a partir de un solo holograma, la dinámica y la estructura volumétrica de partículas y especímenes. Por otro lado, presenta una ventaja respecto a la microscopía convencional: se puede estudiar la estructura tridimensional de una muestra y, por ser digital, permite corregir aberraciones computacionalmente durante el procesamiento del holograma. Dentro del Grupo de Óptica Láser (GOL?INENCO?UNSa), la MHD ha sido una línea de investigación activa desde el año 2009 [1] con aplicaciones a la caracterización de especímenes biológicos. En los últimos años, se abordó el uso de la técnica para el estudio morfológico de cenizas volcánicas [2], con resultados de interés geológico. Es por esto que, en el marco de este trabajo, se continúa indagando en el análisis de piroclastos mediante MHD, incorporando nuevas muestras de estudio y nuevos descriptores morfológicos. Para el análisis de los resultados, se implementaron herramientas de análisis estadístico multivariado a los fines de determinar correlaciones entre las variables morfológicas que

describen a las cenizas e investigar sobre la conexión entre la morfología de las partículas y determinadas características geológicas de la erupción volcánica que les dio origen. Finalmente, la información morfológica obtenida por MHD es utilizada para entrenar un algoritmo de aprendizaje automatizado con el objetivo de clasificar las cenizas en función de estas características geológicas. Los resultados muestran que la información tridimensional que aporta la técnica holográfica resulta relevante para estos fines.

[1] Monaldi, A. C.; Romero Pelayo, G. G.; Alanís, E. E.; Curckovic, G. J. (2009). Microscopía Holográfica Digital Aplicada A La Detección De Microorganismos Móviles. Anales AFA, Vol. 21. pp. 74?80. [2] Martínez, M. F.; Monaldi, A. C.; Romero, G. G.; Blanc, A. V.; Baéz, W. A. (2020). Análisis Morfométrico de Cenizas Volcánicas por Microscopía Holográfica Digital. Anales AFA, Vol. 31(1). pp. 23?28

## FO-3 **Análisis espectral y caracterización de plasma LIBS en aleación Cu-Zn con la presencia de un campo electrostático**

Falagán C<sup>1</sup>, D'Angelo C<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Calle 526 entre 10 y 11, 1900 La Plata, Argentina*

<sup>3</sup> *Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina*

El objetivo del presente trabajo es analizar la influencia de un campo electrostático en un plasma típico LIBS producido sobre una aleación, a partir del análisis espectroscópico de sus líneas de emisión e identificando previamente los elementos de la muestra mediante un análisis espectral.

LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) es una técnica experimental de la espectroscopia, que permite hacer un estudio de plasma y un análisis analítico de los elementos que componen una determinada muestra, a partir de la inducción de transiciones atómicas mediante procesos radiativos y colisionales producidos dentro de un plasma inducidos por un pulso láser. Este proceso genera una ablación microscópica en la muestra, logrando formar un pequeño plasma, el cual funciona como fuente de emisión espectroscópica. Mediante una configuración experimental tradicional, se logra capturar y descomponer la luz emitida y de esta forma obtener el espectro de emisión requerido.

Se utilizaron dos arreglos experimentales, el primero para determinar la composición de la muestra obteniendo rangos espectrales de 50 nm, y el segundo para el análisis detallado de determinadas líneas espectrales. Ambos arreglos consisten en un láser

Nd:YAG de hasta 100 mJ por pulso y 20 Hz de frecuencia. La luz emitida del plasma es captada y difractada por un monocromador para luego ser transformada en señal eléctrica por medio de un arreglo de fotodiodos. Finalmente, estableciendo los parámetros adecuados, la señal es recibida y procesada en una computadora obteniendo el espectro de emisión requerido.

La muestra utilizada es una aleación de Cu-Zn montada sobre una varilla de acrílico y dispuesta entre dos placas de cobre separadas a 22,5mm, ambas conectadas a una fuente de alta tensión (0kV-10kV). Se estudiaron los parámetros de distintas líneas de Cu y Zn, en diferentes tiempos postbreakdown y campos eléctricos aplicados. A partir de estos análisis se logró ver una visible correlación entre parámetros de diagnóstica del plasma y las intensidades de campos eléctrico.

A pesar de la gran versatilidad de la técnica LIBS, es frecuente encontrar elementos con líneas de baja intensidad de emisión, por lo cual resulta imprescindible optimizar los espectros de emisión. Con la incorporación de campos eléctricos en la configuración experimental se logra alterar la morfología del plasma mejorando los perfiles espectrales de las líneas de emisión, logrando de este modo una mejora en la aplicabilidad de la técnica para aquellos casos citados anteriormente.

## FO-4 Avances en el desarrollo y fabricación de un dispositivo biofotónico (Point of Care) con aplicación al diagnóstico molecular

Presti D<sup>1 2</sup>, Bergier J<sup>1</sup>, Ripoll L<sup>1</sup>, Borio C<sup>1</sup>, Torchia G<sup>3 2</sup>, Bilen M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Ingeniería Genética y Biología Celular y Molecular - Universidad Nacional de Quilmes

<sup>2</sup> Departamento de Ciencia y Tecnología- Universidad Nacional de Quilmes

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones Ópticas, CONICET La Plata - CIC-BA

Los desarrollos tecnológicos en el área de diagnóstico de enfermedades siempre han sido claves para la preservación de la salud. En la actualidad, cada vez más líneas de investigación aúnan esfuerzos en esta área de desarrollo, generando nuevos sistemas de diagnóstico y detección temprana de patologías. Dentro de estas líneas, una tendencia muy marcada son los diagnósticos rápidos y descentralizados, llamados Point of Care. Este concepto se centra en la idea de reducir un análisis de laboratorio completo en un dispositivo de pequeño tamaño, que permita la preparación, transporte, reacción y análisis, sin pérdida de eficiencia y precisión de medición y fundamentalmente que pueda realizarse en centros de baja complejidad.

En particular, nos centramos en la utilización de tecnologías fotónicas y de ingeniería para la construcción y desarrollo de dispositivos de sensado biológico Point of Care, que permitan la detección rápida, eficiente y a bajo costo, de patógenos de alto im-

pacto en el área de salud. Al utilizar una tecnología de detección molecular del tipo PCR, la interrogación óptica se realiza en sistemas biológicos, mediante la adquisición de una señal fluorescente en un ciclo de temperatura controlada. En este trabajo se muestran y comparan avances en el proceso de desarrollo, calibración, puesta a punto y validación de prototipos de dispositivos de diagnóstico molecular.

Sobre la selección del virus a detectar, al tratarse de una plataforma de diagnóstico molecular flexible, permite realizar versiones de manera rápida y económica para la detección de distintos patógenos. Esta característica da una gran ventaja en casos de brotes repentinos de enfermedades, como por ejemplo lo fue el COVID-19.

## **FO-5** Caracterización de plasma LIBS de muestras de arcilla con distintos pigmentos

Crovo O<sup>1</sup>, D'Angelo C A<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Calle 526 entre 10 y 11, 1900 La Plata, Argentina*

<sup>3</sup> *CIFICEN (UNCPBA-CICPBA-CONICET), Pinto 399, 7000 Tandil, Argentina*

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la caracterización de muestras de arcillas esmaltadas mediante la técnica de espectroscopia de plasmas producidos por láser (LIBS), por medio de un arreglo experimental simple. El propósito del trabajo fue crear una base de datos de los elementos encontrados en esmaltes de distintos pigmentos, para luego poder analizar muestras arqueológicas comparando con esta base.

La técnica utilizada, LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy), es una técnica experimental de la espectroscopia, a través de la cual es posible detectar los elementos que componen un material, mediante la inducción de transiciones atómicas con pulsos láseres. De esta manera, es posible formar un pequeño plasma, el cual funciona como fuente de emisión espectroscópica. Mediante una configuración experimental tradicional de espectroscopia, se logra capturar y difractar la luz emitida y de esta forma obtener el espectro de emisión.

Se utilizó un arreglo experimental compacto para determinar la composición de la muestra obteniendo rangos espectrales de 50 nm, este consiste en un láser Nd:YAG de hasta 50 mJ por pulso y 20 Hz de frecuencia y la luz emitida del plasma es captada y difractada por un monocromador para luego ser transformada en señal eléctrica por medio de un arreglo de fotodiodos. Por último, estableciendo los parámetros adecuados, la señal es recibida y procesada en una computadora obteniendo el espectro de emisión requerido.

Finalmente se obtuvieron los espectros de emisión con las líneas características de los elementos atómicos presentes en las muestras de esmaltes y arcillas. Con esto fue posible discriminar los distintos tipos de componentes que forman parte de cada tinte junto a los componentes comunes las arcillas.

## FO-6 Caracterización de un Multi-Pixel Photon Counter para la detección de fotones individuales

Segovia T N<sup>1</sup>, Sparapani A C<sup>1 2 3</sup>, Grosz D F<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Grupo de Comunicaciones Ópticas, Departamento de Ingeniería en Telecomunicaciones, GDTyPE, GAlYANN, Centro Atómico Bariloche.

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

La generación y detección de fotones individuales es de gran importancia para las telecomunicaciones debido a que permiten la transmisión de información de manera más segura que los algoritmos clásicos de codificación [1].

En este trabajo se caracterizó un Multi-Pixel Photon Counter; se trata de un dispositivo semiconductor que consiste en un conjunto bidimensional de fotodiodos de avalancha, capaz de detectar fotones individuales. A tal fin, se desarrollaron algoritmos para el análisis de las señales producidas por éste, de modo de discriminar los distintos tipos de eventos observados, i.e., cuentas oscuras y pulsos espurios, en condiciones de oscuridad y de iluminación con pocos fotones. Se obtuvieron valores para el dark count rate en el rango especificado por el fabricante, se verificó la robustez del algoritmo con potencias de iluminación del orden de los pW y se obtuvieron estadísticas de conteo de fotones consistentes con las predicciones teóricas.

[1] 'Quantum communications leap out of the lab', J. Qiu, Nature, 508, 441-442 (2014)

## FO-7 Cascadas de polaritones en trampas optomecánicas micro estructuradas graduales de AlGaAs

Papuccio Fernandez I A<sup>1 2</sup>, Anguiano S<sup>1 2</sup>, Kuznetsov A S<sup>3</sup>, Santos P V<sup>3</sup>, Fainstein A<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CONICET-CNEA, Centro Atómico Bariloche

<sup>3</sup> Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, Leibniz-Institut im Forschungsverbund Berlin e.V., Hausvogteiplatz

Los polaritones-excitónicos, cuasi-partículas resultantes del acoplamiento fuerte entre excitones y fotones en microcavidades semiconductoras, pueden ser confinados en dispositivos microestructurados de acuerdo a diseño. El carácter fotónico les provee

una masa pequeña, mientras que la componente excitónica da lugar a interacciones coulombianas y a través de estas a efectos no-lineales [1]. Por sobre una potencia de excitación óptica umbral y a bajas temperaturas, transicionan a un estado condensado de Bose-Einstein [2]. Estas mismas cavidades confinan vibraciones acústicas en el rango de los GHz, las cuales interactúan eficientemente con los polaritones.

El confinamiento espacial puede ser en trampas cero-dimensionales (0D) de distinta geometría, y en arreglos espaciales bidimensionales de estas trampas de acuerdo con el diseño. Esto lleva a una estructura peculiar de los estados de energía y su distribución espacial, que es determinante de las propiedades físicas del sistema y relevante para sus aplicaciones en tecnologías cuánticas [3]. Esto ha llevado a la demostración de una diversidad de efectos, incluyendo oscilaciones tipo Josephson y atrapamiento debido a las interacciones [4], y a su uso por ejemplo para simuladores de Hamiltoniano físicos [5] Recientemente se ha demostrado que trampas acopladas con un corrimiento de energía sintonizado adecuadamente pueden usarse también para demostrar algo equivalente a un láser de fonones [6].

En este describimos una primera aproximación al uso de trampas microestructuradas con tamaño gradual bidimensionales para generar cascadas de polaritones con emisión de fonones. Esto busca una estructura de niveles energéticos que pueda ser controlada mediante factores geométricos, con el fin de crear separaciones entre niveles que correspondan a frecuencias de vibración mecánicas de la cavidad. Se busca generar fonones coherentes de una misma frecuencia siendo este un análogo mecánico al fenómeno de laser de cascada cuántica. Se reportaran resultados experimentales que demuestran este ordenamiento espacial de niveles, y cálculos para describir los mismos basados en un modelo tipo Gross-Pitaevskii [1].

[1] I. Carusotto and C. Ciuti, Quantum fluids of light, Review Modern Physics 85, 299 (2013)

[2] J. Kasprzak, M. Richard, S. Kundermann, A. Baas, P. Jeambrun, J. M. J. Keeling, F. M. Marchetti, M. H. Szymańska, R. André, J. L. Staehli, V. Savona, P. B. Littlewood, B. Deveaud Le Si Dang, Bose-Einstein condensation of exciton polaritons, Nature 443, 409-414 (2006)

[3] Alexander S. Kuznetsov, Paul L. J. Helgers, Klaus Biermann, and Paulo V. Santos, Quantum confinement of exciton-polaritons in a structured (Al,Ga)As microcavity, Physical Review B 97, 195309 (2018)

[4] Abbarchi, M., Amo, A., Sala, V.G., Solnyshkov, D.D., Flayac, H., Ferrier, L., Sagnes, I., Galopin, E., Lemaître, A., Malpuech, G. and Bloch, J., Macroscopic quantum self-trapping and Josephson oscillations of exciton polaritons., Nature Physics 9, 275 (2013)

[5] Natalia G. Berloff, Kirill Kalinin, Matteo Silva, Wolfgang Langbein, Pavlos G. Lagoudakis, Realizing the XY Hamiltonian in polariton simulators, Nature Materials 16, 11 (2017)

[6] D. L. Chafatinos, A. S. Kuznetsov, S. Anguiano, A. E. Bruchhausen, A. A. Reynoso, K. Biermann, P. V. Santos, and A. Fainstein, Polariton-Driven Phonon Laser, *Nature Communications* (2021)

## FO-8 COMUNICACIÓN ÓPTICA CON MODULACIÓN POR POSICIÓN DE PULSOS (PPM)

Palacio A<sup>1</sup>, Fernández M<sup>1</sup>, Morbidel L<sup>1</sup>, Bulus Rossini L A<sup>1</sup>, Costanzo Caso P A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Investigación Aplicada en Telecomunicaciones (LIAT), CNEA. Instituto Baliseiro (CNEA-UNCuyo). CONICET CCT Patagonia Norte*

Las comunicaciones en general y en especial las comunicaciones satelitales tienen una clara tendencia al crecimiento en cuanto a la cantidad de datos que demandan los usuarios. Es por eso que la tecnología en este aspecto se está reinventando constantemente para lograr sistemas de comunicación más eficientes que logren suplir la demanda actual y futura.

Para lograr aumentar la cantidad de datos que podemos enviar en un tiempo determinado es necesario contar con un ancho de banda grande. Las comunicaciones en radio frecuencia (RF), (frecuencias relativamente bajas), establecen un límite en el ancho de banda que se puede utilizar, es decir que existe un límite para la cantidad de datos que podemos enviar en determinado tiempo. Por este motivo, la tecnología de comunicaciones está tendiendo a la utilización de bandas ópticas (frecuencias del orden y superiores a los THz), para lograr aumentar la capacidad de comunicación a nivel global.

Dentro de las telecomunicaciones, ya sea óptica o en RF, existen muchísimas formas de transmitir la información a través de diferentes formatos de modulación y multiplexación. La Modulación por Posición de Pulsos (PPM) óptica es un tipo de modulación no coherente o de detección directa de intensidad luminosa. Trabajar con modulaciones no coherentes nos permite simplificar el equipamiento utilizado, disminuir los costos y el peso neto, lo cual es ideal para la utilización en aplicaciones satelitales. Otra ventaja de la modulación PPM respecto al resto es su gran eficiencia de potencia, es decir, es posible transmitir y recibir una señal con una potencia media muy baja en comparación a los demás tipos de modulaciones. Esto permite disminuir el tamaño de los paneles solares y baterías a bordo del satélite y por tanto, el tamaño y peso del mismo, lo cual es ideal para utilizar en sistemas satelitales.

En este trabajo se analiza un sistema de comunicación óptica con modulación no coherente, que emula el enlace entre dos satélites. Se obtuvieron las curvas de tasa de error de bit (BER) en función de la potencia de entrada en el receptor para los formatos de modulación On-Off Keying (OOK) y 4,8,16 PPM, para una misma potencia media transmitida. Además, se comparan las curvas teóricas con las simuladas numéricamente a partir de un modelo del enlace y las mediciones adquiridas expe-

rimentalmente en el laboratorio. Las tasas de transmisión investigadas fueron entre 100 Mbps y 1 Gbps.

## FO-9 COMUNICACIÓN ÓPTICA COHERENTE ENTRE SATÉLITES GEO Y LEO: CONTROL DEL MODULADOR IQ DE DOBLE POLARIZACIÓN EN EL TRANSMISOR

López O<sup>1</sup>, Almeida G<sup>1</sup>, Morbidel L<sup>1</sup>, Ortiz L<sup>1</sup>, Rinalde F<sup>1</sup>, Bulus Rossini L A<sup>1</sup>, Costanzo Caso P A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Investigación Aplicada en Telecomunicaciones (LIAT), CNEA. Instituto Balseiro (CNEA-UNCuyo). CONICET CCT Patagonia Norte*

El modulador IQ de doble polarización (DP-IQ) es un modulador electro óptico compuesto por dos moduladores QPSK, un Polarization Beam Splitter y un Polarization Beam Combiner. Cada modulador QPSK, a su vez, está compuesto de tres moduladores Mach-Zehnder (MZM), dos internos que modulan BPSK en fase y cuadratura (MZMI y MZMQ respectivamente), y uno externo que modula en fase (MZMP). Para lograr el funcionamiento esperado se necesita que cada MZM este polarizado en un punto específico de su curva de trabajo.

El bias controller es un sistema que permite determinar y controlar el punto de polarización de un modulador electro óptico. Dependiendo de la región en la que se desea operar el modulador, la tensión sobre los electrodos del dispositivo es diferente. Además, debido a variaciones térmicas o cambios en la longitud de onda de la señal óptica, el punto de polarización puede variar temporalmente, razón por la cual, es necesaria una estrategia de control que permita corregir los efectos de dichas variaciones.

Una estrategia de control se basa en la utilización de señales eléctricas piloto (dither) de baja frecuencia y amplitud, con respecto a la señal moduladora, las cuales no sólo modulan las tensiones de continua que se aplican sobre los electrodos, sino que también modulan la portadora óptica. De esta manera, la señal óptica a la salida del modulador posee información del punto de polarización del modulador, y mediante un lazo de realimentación, es posible ajustar la región de trabajo del dispositivo. Dependiendo del tipo de modulador que se requiera controlar, el número de señales de dither y la estrategia de control pueden variar.

En este trabajo se diseña y se implementa un esquema de control de un modulador DP-IQ el cual puede requerir utilizar hasta 6 señales de dither. El punto de trabajo deseado para cada modulador QPSK es Min, Min, Quad. Para lograr controlar este punto de operación se utilizó un lazo de control que actúa a partir de la información obtenida del fotodiodo monitor. El objetivo de este lazo es minimizar los términos de batido generados a partir de las diferentes señales de dither, mediante el ajuste

de las tensiones de continua que polarizan el modulador. Las estrategias de control analizadas y comparadas son: anular los batidos estimados a partir del cálculo de la FFT, del uso de filtros adaptados o correladores, y el empleo de machine learning.

## FO-10 COMUNICACIÓN ÓPTICA COHERENTE ENTRE SATÉLITES GEO Y LEO: RECUPERACIÓN DE LA PORTADORA ÓPTICA EN EL RECEPTOR

Morbidel L<sup>1</sup>, Fernández M<sup>1</sup>, Ortiz L<sup>1</sup>, Rinalde F<sup>1</sup>, Bulus Rossini L A<sup>1</sup>, Costanzo Caso P A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Investigación Aplicada en Telecomunicaciones (LIAT), CNEA. Instituto Balseiro (CNEA-UNCuyo). CONICET CCT Patagonia Norte*

La recuperación de la portadora de una señal es una de las etapas fundamentales en todo receptor de comunicación coherente. La variación relativa de la frecuencia y la fase entre la señal portadora, la cual posee el mensaje, y el oscilador local, ubicado en el receptor, debe ser mitigada en las primeras etapas del receptor si se desea recuperar el mensaje transmitido. En los enlaces ópticos satelitales dichas variaciones se deben en mayor medida a dos efectos. El primero, debido a las diferencias propias entre el láser transmisor o portadora óptica (OC) y el del oscilador local (LO), las cuales pueden llegar a ser del orden de las centenas de MHz o incluso superiores. El segundo, y más importante, es el producido por efecto Doppler, el cual se debe a la velocidad relativa entre satélites y cuyo corrimiento se encuentra en el orden de los GHz.

La recuperación de la portadora se puede realizar utilizando diferentes estrategias de recepción. Una posibilidad es implementar un lazo de enganche de fase (PLL) el cual se ?enganche? y pueda seguir las variaciones de la OC. Dicho sistema posee una elevada complejidad para su implementación. Otra alternativa, se basa en un barrido de frecuencia por parte del LO hasta que se maximice algún parámetro predefinido y sea seguido por el DSP. Sin embargo, este método requiere de hardware adicional, haciendo al sistema más complejo. En este trabajo, se propone un método a partir del cual se combinan, las estimaciones del offset de frecuencia (FOE) realizadas mediante procesamiento digital de señales (DSP) y cálculos de órbita y trayectoria, el cual permite realizar correcciones en el LO. Dichas correcciones se realizan mediante un lazo de realimentación optoelectrónico que permite seguir y compensar las variaciones de la OC.

En esta oportunidad presentaremos el análisis de un sistema realizado en el laboratorio, donde se emula el desplazamiento por Doppler de una comunicación entre satélites LEO y GEO a 10Gbps con modulación DP-QPSK y se realiza la recuperación de la portadora. Finalmente, se analizan y comparan los resultados obtenidos de la simulación y experimentales.

## FO-11 CONVERSIÓN ANALÓGICA-DIGITAL FOTÓNICA

Acosta González R<sup>1</sup>, Bulus Rossini L A<sup>1</sup>, Costanzo Caso P A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Investigación Aplicada en Telecomunicaciones (LIAT), CNEA. Instituto Baliseiro (CNEA-UNCuyo). CONICET CCT Patagonia Norte*

Los radares de banda ancha, la tecnología inalámbrica de alta velocidad y las comunicaciones ópticas son ejemplos de las aplicaciones contemporáneas que exigen la utilización de convertidores analógico-digitales (A/D) con altas tasas de muestreo y resolución de bits. Sin embargo, el avance de los convertidores A/D electrónicos es mucho más lento que el del procesamiento digital de señales debido, entre otras causas, al jitter de apertura (muestreo de la señal de entrada en intervalos de tiempo desiguales) y a la limitación del ancho de banda. El proceso tecnológico de diseño y fabricación de un reloj con jitter menor a los 100 femtosegundos es un desafío en los convertidores A/D electrónicos.

Desde la década de 1970, se ha explorado la posibilidad de lograr la conversión analógico-digital con tecnología fotónica como medio viable para producir convertidores A/D de alto rendimiento. Desde entonces, se han propuesto y demostrado varios métodos para realizar ADC fotónicos, los cuales se pueden agrupar como: (i) ADC asistido fotónicamente (donde se sustituye el reloj electrónico por uno óptico basado en láser de bajo ruido), (ii) ADC con muestreo fotónico y cuantización electrónica, (iii) ADC con muestreo electrónico y cuantización fotónica, y (iv) ADC con muestreo y cuantización fotónica (i.e. totalmente fotónicos).

En este trabajo se propone el estudio de esquema de conversión A/D fotónico implementado mediante un conjunto de moduladores Mach-Zehnder (MZM) con voltajes de media onda idénticos. El diseño y la implementación se simplifican sustancialmente al utilizar MZMs con tensiones de media onda similares, lo que ofrece una alta posibilidad de integración. Mediante la polarización adecuada de los MZM, se pueden realizar los desplazamientos necesarios en las funciones de transferencia de los MZM, que se utilizan para generar la representación binaria de la señal analógica de entrada. Para confirmar la viabilidad de la estrategia sugerida, se presentan análisis teóricos, numéricos y pruebas de concepto realizadas en el laboratorio.

## FO-12 Cuantificación de Carbono en agua por medio de la técnica Laser - Induced Breakdown Spectroscopy

Bayala M P<sup>1 2</sup>, D'Angelo C A D<sup>1 3 4</sup>

<sup>1</sup> *Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires*

(CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>3</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

En trabajos anteriores se analizaron las mejores líneas para la detección de carbono (C) a partir de datos espectroscópicos tabulados, utilizando la técnica de espectroscopia de plasmas producidos por láser (LIBS, por sus siglas en inglés). Estas líneas fueron: la 247,85 nm a presión atmosférica y las 415,33 nm y 538,87 nm en baja presión (todas de C I), y se consideró aplicar el modelo de plasma delgado. En estos trabajos se verificó que la mejor condición de registro para su detección se da a baja presión ( $6 \cdot 10^{-2}$  mbar) y con la línea 415,33 nm, para un tiempo postbreakdown (td) de 2  $\mu$ s con un tiempo de integración (tw) de 200 ns. Continuando con el estudio, se propuso como objetivo del presente trabajo, obtener una curva de calibración de C a bajas concentraciones y analizar la posibilidad de la cuantificación de este elemento en muestras de agua.

Para lograrlo, se preparó un blanco y 5 muestras a distintas concentraciones (0.1 ml, 0.2 ml, 0.3 ml, 0.4 ml y 8 ml) en filtros de celulosa, el cual nos permitió retener el agua destilada y el colorante orgánico Índigo Carmín. Los plasmas se generaron con un láser Nd: YAG Q-switched pulsado (Continuum Surelite II), que emite en la longitud de onda fundamental de 1064 nm. Para el análisis espectral, el arreglo experimental estuvo compuesto por un monocromador configuración Czerny-Turner acoplado a un fotomultiplicador, cuya señal eléctrica fue discriminada temporalmente y promediada por un Boxcar. Todo este conjunto permitió obtener una curva de calibración el C I para la línea de emisión 415,33 nm a baja presión con una condición experimental similar para los tiempos anteriormente mencionados una muy alta sensibilidad de las señales.

Se levantó un perfil de línea y luego se analizaron las intensidades integradas de estos registros y las correspondientes a los fondos, con el fin de obtener las señales de intensidad neta. Esto se repitió para tres zonas del plasma: la zona cercana a la muestra (punto más brillante), a 4,3 mm y 7,25 mm de distancia respecto de la primera zona, a lo largo del eje óptico del plasma. A partir de allí se analizaron las intensidades y se encontró que los mejores registros se obtuvieron a una distancia de 4,3 mm, donde las intensidades netas se diferencian muy bien entre las distintas muestras, pudiéndose obtener una curva de calibración adecuada. En la primera zona no se genera una discriminación de las concentraciones por tener elevadas intensidades y presentar autoabsorción, y en la zona de los 7,25 mm decae la densidad electrónica dado que baja la temperatura (plasma inhomogéneo), por lo cual la emisión decae. Estos efectos impiden generar buenos registros para el análisis.

Como resultado final, se logró obtener la curva de calibración con parámetros de sensibilidad y validación para el C, en aplicaciones de cuantificación de colorantes sintéticos orgánicos. Por medio de estos parámetros, se pudo predecir las mejores condiciones para la obtención de señales de líneas adecuadas, indicando el gran potencial de la técnica para cuantificar C en muy bajas concentraciones presente en muestras de agua.

[1] - Bayala M.P, D'Angelo C. (2022) Medición de Carbono en agua por medio de la técnica Láser - Induced Breakdown Spectroscopy.

[2] - Jijón, D., Costa Vera, C. (2011). Cuantificación de cationes metálicos en agua con LIBS por deposición sobre una superficie de acero rayada con lápiz HB. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 3(2). <https://doi.org/10.18272/aci.v3i2.64>.

[3] - Diaz Pace D. M., et. al. (2011) Análisis cuantitativo de Mg en agua natural mediante la técnica LIBS. *Opt. Pura Apl.* 44 (4) 719-729.

## **FO-13 Dependencia con el espesor de la constante dieléctrica, constante de amortiguamiento y frecuencia de plasma de películas ultradelgadas de Ag.**

Mendoza Herrera L J<sup>1 2</sup>, Tebaldi M C<sup>1 2</sup>, Schinca D C<sup>1 2</sup>, Scaffardi L B<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Centro de Investigaciones Ópticas (CIOP - CONICET - UNLP - CICPBA)*

<sup>2</sup> *Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, UNLP*

Los materiales metálicos en la nanoescala, como nanopartículas, nano hilos y películas delgadas, debido a sus peculiares propiedades ópticas, tienen un papel cada vez más relevante en ramas como la óptica y la fotónica.

Las aplicaciones se encuentran en diversas ramas como la biología y medicina, celdas solares, sensores plasmónicos y guías de ondas plasmónicas. Estas aplicaciones se basan en las propiedades ópticas distintivas a nanoescala, que a su vez se basan en el conocimiento de las propiedades de la función dieléctrica en función del tamaño.

En este trabajo se aplica un método desarrollado en nuestro grupo basado en el modelo de Drude para determinar por primera vez una expresión para la dependencia de la constante de amortiguamiento y la frecuencia del plasma con el espesor de la película, tomando los valores experimentales del índice de refracción de películas delgadas de Ag para varios espesores medidos por Zhao et al. Finalmente se calcula la función dieléctrica compleja de Ag para diferentes espesores de film.

## **FO-14 Desarrollo de un criterio de discriminación de material particulado producido por la quema**

## de biomasa basado en métodos ópticos

Santucho Cainzo A<sup>1 2</sup>, Corregidor Carrió D H<sup>1 2</sup>, Marcial E R<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Física, Fac. Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán

<sup>2</sup> Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión e Instituto de Luz, Ambiente y Visión Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología - Universidad Nacional de Tucumán - CONICET

<sup>3</sup> Instituto Superior de Correlación Geológica - CONICET

El Material Particulado (MP) es una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en la atmósfera.

En el estudio de contaminantes ambientales la OMS [1] ha indicado que el MP suspendido en la atmósfera afecta más a las personas que cualquier otra fuente, a la vez que existe una relación directa entre esta contaminación del aire con la mortalidad o morbilidad diaria y a largo plazo de la población. Otros estudios muestran también que los restos del humo de la quema de biomasa es más perjudicial para la salud que la contaminación ambiental normal [2].

De las diferentes fuentes de MP que existen, de origen natural (erosión, erupciones volcánicas, etc) y de origen antrópico (fuente industrial, uso de vehículos, la construcción humana, la calefacción residencial, etc), una de las de mayor interés es la quema de biomasa producida por la actividad agroindustrial, debido a que puede causar aumentos muy pronunciados de MP en períodos de tiempo reducidos. En la provincia de Tucumán estos eventos se repiten de manera recurrente, debido a la actividad de la industria azucarera durante los meses de zafra [3].

Existen diversos estudios sobre las características de este material que se basan en procedimientos de conteo activo para conocer la cantidad de materia que está presente en un volumen de aire para un determinado rango de tamaño de partículas: menores a  $10\mu\text{m}$ ,  $2,5\mu\text{m}$  y  $1\mu\text{m}$  (PM10, PM2,5 y PM1, respectivamente). Estos resultados suelen ser útiles para analizar los efectos sobre la salud humana, pero no dan cuenta de los efectos sobre la visibilidad. Por otra parte, se conoce que el MP generado por la quema de vegetación puede dispersar la luz eficientemente y reducir la visibilidad [2].

Nuestro trabajo se propone evaluar cómo la presencia de MP en la atmósfera afecta las funciones visuales del ser humano a partir de la caracterización de la difusión de la luz en muestras de depósitos de MP sólido recogidas a lo largo de todo un año, y la relación de esta difusión con la respuesta del sistema visual humano.

Las muestras obtenidas fueron caracterizadas de dos maneras diferentes: a) en términos de difusión óptica, midiéndolas con un dispositivo goniométrico y accesorios; b) a través de microscopía electrónica, determinando el tamaño, la forma y la composición de las partículas presentes en la muestra.

Se compararon entre sí: 1) la cantidad de partículas detectada por el microscopio, 2) la intensidad de luz difundida, y 3) la inversa de la visibilidad atmosférica media en el

día de la muestra, obteniéndose que hay un buen acuerdo entre los tres indicadores. Por otra parte, en un primer análisis de las distribuciones de luz descritas por las funciones de punto extendido  $PSF(\theta)$  para cada uno de los meses analizados, se puede observar que las diferencias no son estadísticamente apreciables. Sin embargo, cuando se analizan las funciones de scattering  $S(\theta)$ , que indican la integral de la energía difundida, en función del ángulo, se pueden diferenciar claramente dos comportamientos definidos por la pendiente de decaimiento de  $S(\theta)$  respecto al punto de incidencia.

Todas las muestras recogidas durante la época de quema comparten el mismo tipo de patrón de distribución de la luz ( $S_Q(\theta)$ ) presentando los mismos valores (dentro de las incertidumbres de medición) de las pendientes de decaimiento. Por otra parte, las muestras tomadas durante el resto del año, de manera similar, comparten un patrón de distribución de la luz ( $S_A(\theta)$ ) con la misma pendiente de decaimiento de todas las funciones analizadas.

Se mostró que ambas familias de distribuciones,  $S_Q(\theta)$  vs  $S_A(\theta)$ , son distinguibles y, por lo tanto, que el método propuesto distingue entre depósitos de PM, producto de la quema de biomasa y depósitos de PM en épocas sin quemas.

#### Referencias

- [1] WHO global air quality guidelines. Geneva: World Health Organization; 2021.
- [2] Liu Z., Murphy J. P., Maghirang R. y Devlin D., 2016. Journal of Environmental Protection. 7, 1860-1885.
- [3] Altieri H. H, Bruno M. E, Calli R., Ríos V. H., Meoni G. S., 2018. (2):1. ISSN Electrónico 2591-5908.
- [4] Jordán, A.M. y Flores, I., 2018. (2):1. ISSN Electrónico 2591-5908.

## FO-15 Desarrollo de un microscopio de Pticografía de Fourier de un gigapixel de información

Di Napoli T<sup>1</sup>, Mildiner A<sup>1</sup>, Torres J<sup>1</sup>, Grecco H<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Instituto de Física de Buenos Aires y Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

Para todo microscopio óptico existe un compromiso entre el campo de visión (FOV, del inglés field of view) y su resolución, limitado por el producto espacio-ancho de banda (SBP, del inglés space-bandwidth product) que determina la cantidad de información real que puede contener una imagen tomada con dicho sistema óptico. Para microscopios tradicionales este número suele ser del orden de los megapíxeles, por ejemplo para un objetivo con un FOV de 1 cm de diámetro y una apertura numérica de 0,1, el SBP es de 79 megapíxeles, lo que presenta un inconveniente para el análisis

de muestras biomédicas o petrográficas en las que se deben estudiar muestras grandes (aproximadamente 1 cm de diámetro) con alta resolución (menor a  $1 \mu\text{m}$ ).

Una forma de aumentar el SBP de un microscopio es barrer la muestra en el espacio de coordenadas tomando imágenes con menor FOV pero mayor resolución y luego unir las digitalmente en una imagen con más información. En 2013[1] se desarrolló un método denominado Ptycografía de Fourier que permite reconstruir digitalmente una imagen de mayor resolución haciendo un barrido en el espacio de Fourier en vez de en el espacio de coordenadas. Este barrido se lleva a cabo iluminando la muestra con ondas planas con distintos ángulos de incidencia, lo que permite obtener, a través de un algoritmo computacional[2], una imagen con un SBP del orden del gigapixel tanto en amplitud como en fase.

Estamos desarrollando un microscopio que aplica dicha técnica. Nuestro sistema óptico está formado por un objetivo, una lente de tubo, una cámara CMOS y una fuente de iluminación por transmisión dada por una matriz de LEDs plana. Hacer el barrido en el espacio de Fourier en vez de en el espacio de coordenadas elimina la necesidad de partes móviles lo que lo hace más robusto. Esta es una gran ventaja por sobre los microscopios tradicionales, los cuales dependen de mecánicas complejas para barrer la muestra, y además no tienen la capacidad de recuperar la fase de la imagen. Con este microscopio, esperamos poder tomar imágenes de muestras de 1 cm de diámetro con una resolución menor a  $1 \mu\text{m}$  y por lo tanto con un SBP del orden del gigapixel.

[1] Guan Zheng, Roarke Horstmeyer, and Changhui Yang. 'Wide-field, high-resolution Fourier ptychographic microscopy'. In: NATURE PHOTONICS 7 (2013), pp. 739-745.

[2] J. R. Fineup. 'Reconstruction of an object from the modulus of its Fourier transform'. In: OPTICS LETTERS 3.1 (1978), pp. 27-29.

## FO-16 Descripción de películas ferromagnéticas ultradelgadas a través de microscopía magneto-óptica

Domenichini P<sup>1</sup>, Pasquini G<sup>1</sup>, Capeluto M G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires

El estudio de la dinámica de paredes de dominios magnéticas (PDMs) tiene un gran interés desde un punto de vista aplicado, dada su implicancia en memorias magnéticas. Además, desde un punto de vista básico, constituyen un prototipo de sistemas que pueden ser descritos como una interfaz elástica en un potencial desordenado [2]. Para poder estudiar la evolución de sistemas magnéticos existen una serie de técnicas ópticas que permiten analizar la dinámica de los mismos con resoluciones del orden de los micrones. Estas técnicas se basan en el fenómeno de rotación de un haz de luz polarizado al interactuar con un sistema magnético y se conocen como técnicas

Magneto Ópticas (MO) [3]. En particular, las técnicas basadas en el efecto Kerr Polar son ideales para el estudio de sistemas magnéticos reflejantes con magnetización perpendicular al plano de incidencia. Este trabajo se enfoca en la descripción de un microscopio MOKE (Magneto Optic Kerr Effect), diseñado para caracterizar películas ultradelgadas reflejantes con una fuerte anisotropía perpendicular al plano. El mismo consiste en un microscopio de luz polarizada con iluminación de campo completo (Wide Field), con la posibilidad de aplicar pulsos de campo magnético en la muestra a través de bobinas diseñadas ad-hoc agregadas al porta-muestras. Mostramos ejemplos de resultados en películas delgadas de  $Pt/Co/Pt$  y  $Pt/[Co/Ni]_4/Al$  con dominios tipo burbuja [4].

[1] T. W. Kim et al. Perpendicular magnetic anisotropy of amorphous  $[CoSiB/Pt]_N$  thin films. *J. of App. Phys.* 117. 17B502 (2015).

[2] P. J. Metaxas et al., Creep and Flow Regimes of Magnetic Domain-Wall Motion in Ultrathin  $Pt/Co/Pt$  Films with Perpendicular Anisotropy, *Phys. Rev. Lett.* 99, 217208 (2007).

[3] D. A. Allwood et al., Magneto-optical Kerr effect analysis of magnetic nanostructures, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 36, 2175 (2003).

[4] P. Domenichini, et al. Transient magnetic-domain-wall ac dynamics by means of magneto optical Kerr effect microscopy, *Phys. Rev. B.* 99, 214401 (2019).

## FO-17 **Determinación de mecanismos de difusión a partir de la correlación espaciotemporal en imágenes de fluorescencia**

Kettmayer C<sup>1 2</sup>, Estrada L<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Electrónica Cuántica, Departamento de Física, FCEyN-UBA*

<sup>2</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires (IFIBA, UBA-CONICET)*

En este trabajo mostramos la posibilidad de extraer dinámica de proteínas intracelulares utilizando conjuntos de imágenes ópticas, a partir del cálculo de la correlación espaciotemporal entre los píxeles de las imágenes. Para ello estudiamos tanto imágenes generadas sintéticamente como imágenes de microscopía por absorción de dos fotones.

Para el caso sintético simulamos conjuntos de imágenes que emulan diferentes escenarios biológicamente relevantes lo que nos permitió poner a prueba el método para diferentes aplicaciones. A partir de los resultados caracterizamos cómo varía la calidad del resultado obtenido en función de los parámetros utilizados durante la simulación. En particular, analizando imágenes sintéticas de sistemas de partículas en difusión confinada en celdas de tamaño submicrométrico, nuestro análisis permitió determinar tamaños de confinamiento cuya longitud característica se encuentra por debajo del límite de resolución óptica.

Para poner a prueba la posibilidad de superresolución en un caso real, estudiamos la difusión confinada de la proteína TfR en una microestructura de celdas en la membrana plasmática. Para esto se aplicó el método puesto a punto en este trabajo a imágenes confocales y se los comparó con resultados obtenidos de forma independiente mediante el uso de complejas técnicas de microscopía de superresolución. Comparando adecuadamente ambos resultados fue posible observar comportamientos análogos para toda la escala espacial estudiada entre 50 y 150 nm, lo que verifica la posibilidad de emplear esta técnica para acceder a información de superresolución sin la necesidad de costosos y complejos equipamientos.

Por último, aplicamos el método para estudiar la dinámica de vesículas secretoras en células neuroendocrinas. Para ello fue necesario realizar un acondicionamiento previo de las imágenes procesadas que las liberara de artefactos que pudieran interferir en los resultados finales. El análisis se realizó en dos escalas espaciotemporales distintas, encontrando que el mecanismo de difusión predominante en el sistema puede variar en el tiempo. Esto es consistente con resultados previos reportados en nuestro grupo a partir de mediciones de seguimiento de partícula única.

En conjunto, los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que con un adecuado tratamiento de las imágenes, somos capaces de obtener información espacial y temporal del interior celular a partir de imágenes ópticas convencionales, sin la necesidad de complejas y costosas plataformas experimentales.

## **FO-18** **Determinación propiedades texturales de compositos a base de diatomea/urea empleando la técnica de speckle dinámico**

Mojica Sepulveda R D<sup>1 2</sup>, Mendoza Herrera L J<sup>1 2</sup>, Cabello C<sup>3</sup>, Bertolini G<sup>3 1</sup>, Grumel E<sup>1 2</sup>, Tebaldi M<sup>1 2</sup>, Trivi M<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata*

<sup>2</sup> *Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp - CONICET - UNLP - CICPBA)*

<sup>3</sup> *Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas, CONICET-UNLP*

Los compositos con contenido de urea son ampliamente utilizados para la preparación de fertilizantes, biocarbón, como disolvente de celulosa y en el pretratamiento de biomasa, empleada en los procesos de biorrefinería. En las aplicaciones mencionadas es importante el estudio de las propiedades texturales e higroscópicas de tales compuestos. Es posible comprobar que la técnica de sorción de nitrógeno no es efectiva para determinar las propiedades texturales de muestras que contienen alto contenido de urea y por este motivo las técnicas basadas en el fenómeno óptico de speckle son una alternativa viable para su caracterización.

En este trabajo estudiamos la higroscopicidad de una muestra compuesta de diatomea

con urea en diferentes proporciones empleando la técnica de Speckle dinámico. Las mismas fueron iluminadas con un haz láser durante todo el proceso de adsorción-absorción de agua. Para determinar los tiempos característicos de higroscopicidad, se ajustaron los datos de los patrones de speckle obtenidos mediante el momento de inercia de segundo orden vs. tiempo. A partir de estos resultados, se evalúa la posibilidad de separar los tiempos característicos de la sorción (adsorción y absorción) de la urea y la diatomea y explicar su dependencia con el incremento en el porcentaje de urea. Estos resultados son prometedores para demostrar la validez de la técnica propuesta en este tipo de determinaciones.

## FO-19 Digital shearing speckle pattern interferometry (DSSPI): comparación de tres alternativas para la implementación del método de portadora de fase espacial o spacial phase shifting (SPS)

Escoda Avila M A<sup>1</sup>, Sosa H E<sup>1</sup>, Romero R<sup>1</sup>, Ruiz Gale M F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Óptica y Láser, División IAMEND, Departamento ENDE, Gerencia DEyGDV, CAC, CNEA

El *Digital Shearing Speckle Pattern Interferometry* (DSSPI) es una técnica interferométrica similar a *Digital Speckle Pattern Interferometry* (DSPI), basada en principios de holografía e interferometría de *Speckle*. A diferencia de DSPI que observa el campo de desplazamiento con el DSSPI se obtiene el gradiente del campo de desplazamiento. En este trabajo se utiliza un interferómetro de Michelson y para introducir la diferencia de camino óptico, se realiza por medio de una pequeña rotación de uno de los espejos de este dispositivo. De esta forma se introduce una doble imagen, conocida como *Shearing*. El sistema óptico y la iluminación se disponen de manera tal que el sistema sea sensible principalmente al gradiente de desplazamiento fuera de plano (*out-of-plane*).

En el presente trabajo se analizan 3 configuraciones ópticas: a) la clásica con el interferómetro base de Michelson, b), la propuesta por Kaufmann [3] en el cual se introduce un desplazamiento de la fuente de iluminación y c) la propuesta por Pedrini y Xie [1-2] con un sistema  $4f$  con una apertura, adosado al interferómetro de Michelson. En estas se evalúa la implementación de la técnica de frecuencia portadora espacial o *Spacial Phase Shifting* (SPS), utilizando el método de Takeda para aislar dicha frecuencia portadora ( $f_0$ ) [1-2]. El método de extracción de la información de la fase en el sistema  $4f$  con apertura, se realiza por el algoritmo de *Windowed Fourier Transform* (WFT)[4]. Se evalúan varios parámetros físicos del sistema óptico de tal forma de poder tener un valor cuantitativo de la calidad del dispositivo SPS a utilizar. El parámetro *calidad de Speckle* ( $\delta s$ ) es obtenido utilizando el teorema del muestreo de Nyquist-Shannon, de donde surge una relación entre la resolución espacial de la

cámara, ( $\delta s$ ) y  $f_0$ . Dichos parámetros son la herramienta utilizada para determinar la mejor opción en SPS.

- [1] X. Xie, L. Yang, N. Xu, and X. Chen, Michelson interferometer based spatial phase shift shearography, *Appl. Opt.*, vol. 52, no. 17, pp. 4063–4071, Jun. 2013.
- [2] Pedrini, G., Zou, Y. L., Tiziani, H. J. (1996). Quantitative evaluation of digital shearing interferogram using the spatial carrier method. *Pure and Applied Optics (Print Edition) (United Kingdom)*, 313–321.
- [3] A. Dávila, G. H. Kaufmann, and C. Pérez-López, *Transient deformation analysis by a carrier method of pulsed electronic speckle-shearing pattern interferometry*, 1998.
- [4] Kemaq, Q. (2007). Two-dimensional windowed Fourier transform for fringe pattern analysis: Principles, applications and implementations. *Optics and Lasers in Engineering*, 45(2), 304–317.

## FO-20 DISEÑO, FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CIRCUITOS INTEGRADOS FOTÓNICOS EN SILICIO

Tosi M<sup>1 2</sup>, Bustillos M<sup>3 2</sup>, Fasciszewski A<sup>1</sup>, Bulus Rossini L A<sup>2</sup>, Azaña J<sup>4</sup>, Costanzo Caso P A<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Micro y Nanotecnología - Centro Atómico Constituyentes - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>2</sup> *Laboratorio de Investigación Aplicada en Telecomunicaciones (LIAT), CNEA. Instituto Baliseiro (CNEA-UNCuyo). CONICET CCT Patagonia Norte*

<sup>3</sup> *Embedded Technologies (EMTECH SA)*

<sup>4</sup> *Institut National de la Recherche Scientifique ? Centre Énergie Matériaux Communications, Montréal, Canada*

En los últimos años, la fotónica de silicio se ha convertido en una de las tecnologías más importantes para el desarrollo de la fotónica integrada para aplicaciones en telecomunicaciones, procesamiento ultra rápido de señales, sensado, entre otras. Su éxito se debe principalmente a que las plataformas de fabricación basadas en silicio sobre aislante (SOI) y nitruro de silicio, permiten la implementación de dispositivos ópticos con gran ancho de banda, bajo consumo, bajo costo y una alta densidad de integración de componentes.

Existen dos estructuras que son fundamentales en muchas aplicaciones de fotónica integrada: el interferómetro Mach-Zehnder (MZI) y las redes de Bragg en guías de onda (WBG). El primero constituye un dispositivo sumamente versátil que puede ser implementado como modulador, llave óptica, sensor, etc. Mientras que el segundo, se utiliza principalmente como filtro óptico cuya respuesta puede diseñarse con un alto control en la amplitud y fase objetivo.

En este trabajo mostraremos el proceso de diseño, fabricación y análisis de estas estructuras basados en la plataforma de SOI. Vamos a comparar los resultados experimentales con los modelos analíticos de ambos componentes con el objetivo de validar estos últimos y ajustar los parámetros de diseño para futuras implementaciones. Además, vamos a analizar y discutir el impacto en el desempeño que generan las fluctuaciones en el proceso de fabricación.

## FO-21 **Diseño, modelado y simulaciones numéricas de Demultiplexores de Longitud de Onda (AWG) basados en la tecnología del Silicio.**

Martínez J<sup>1</sup>, Peyton R<sup>1</sup>, Torchia G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp), La Plata, Argentina*

**Resumen:** En este trabajo presentamos dispositivos ópticos planares integrados que normalmente se utilizan como multiplexores/demultiplexores de longitud de onda, comúnmente denominados AWG (Arrayed Waveguide Gratings). El diseño de estos dispositivos se basa en una serie de guías de ondas con propiedades tanto de imagen como de dispersión. Los AWGs se pueden usar para multiplexar múltiples canales de diferentes longitudes de onda en una sola fibra óptica en el transmisor y también se pueden usar para demultiplexarlos nuevamente en sus canales individuales de diferentes longitudes de onda en el receptor. Comúnmente tienen aplicaciones en el campo de las comunicaciones ópticas, pero también en otras áreas de aplicación, como el procesamiento de señales, la medición y la detección. Debido a una creciente necesidad de desarrollar sensores compactos capaces de adquirir detecciones biológicas y ambientales, la detección óptica y espectroscópica son los enfoques más prometedores para satisfacer los requisitos de este tipo de sensores. Aunque existen algunos sensores espectroscópicos compactos basados en un sistema óptico de espacio libre, todavía es un desafío lograr una mayor miniaturización y reducción de peso, manteniendo una alta resolución de longitud de onda. Para superar estos problemas, los AWGs presentan cualidades y características que pueden satisfacer tanto la miniaturización de los sensores espectroscópicos, como el mantenimiento de una alta resolución de longitud de onda simultáneamente. Debido a estas capacidades, los AWGs han demostrado una fuerte versatilidad como componentes en sistemas de sensores Interferométricos y de FBG (Fibre Bragg Grating).

Por lo mencionado anteriormente, en este trabajo se propone una metodología útil para diseñar AWGs mediante el estudio de sus parámetros clave, lo que nos permite optimizar características específicas en su respuesta espectral así como también de su tamaño. Se presenta un simple pero comprensivo y completo modelo de campo de un AWG de 1x8 canales, basado en óptica de Fourier para el análisis y procesamiento de señales ópticas, pero al mismo tiempo el método empleado para calcular parámetros

relevantes como: enfoque, dispersión, Free Spectral Range (FSR), diafonía, pérdidas por inserción, desplazamiento de longitud de onda central, ruido de fondo, etc. Entonces, elaboramos un modelo computacional que presenta un procedimiento útil, y que además considera las limitaciones de resolución física propias del dispositivo y por procesos litográficos. Luego, mediante sucesivas simulaciones numéricas basadas en Diferencia Finita en el Dominio del Tiempo (FDTD), se valida la metodología empleada optimizando de esta manera el diseño del AWG dependiendo de los requerimientos del usuario. La relación entre la respuesta espectral transmitida y la optimización de los parámetros fueron estudiadas. Algunos de los resultados obtenidos son: diafonía con el canal vecino de  $-4.15[\text{dB}]$ , pérdidas por inserción del canal central ( $L_c$ ) y no uniformidad ( $L_u$ ) de  $-2[\text{dB}]$  y  $1.2[\text{dB}]$  respectivamente, ruido de fondo de  $37.5[\text{dB}]$ , FSR de  $29.2[\text{nm}]$  y una reducción en potencia de señal a la mitad de su valor máximo de  $-5.5[\text{dB}]$ . El AWG está diseñado para ser fabricado con modernos procesos de tecnología CMOS, particularmente en la plataforma del Silicio sobre aislante (SOI). Como perspectivas a futuro, implementaremos este tipo de dispositivos, en sistemas de detección de gases en el infrarrojo medio, integrados en sensores compactos con tecnologías como el SOI y la del Nitruro de Silicio ( $\text{Si}_3\text{N}_3$ ).

#### Referencias:

- [1] L. Hongqiang et al, 'Practical fabrication and analysis of an optimized compact eight-channel silicon arrayed-waveguide grating', Optical Engineering Vol 52(6), 2013.
- [2] D.J. Webb and R.D. Pechstedt, 'Sensing applications of arrayed waveguide grating devices', IEEE, 2002.
- [3] K. Kodate, Y. Komai and K. Okamoto, 'Compact Spectroscopic Sensor Using an Arrayed Waveguide Grating', IEEE, 2007.

## FO-22 **Diseño y fabricación de un divisor de potencia tridimensional micromecanizado en Nlobato de Litio utilizando láser de pulsos de femtosegundos**

Guarepi V<sup>1</sup>, Peyton R<sup>1 2</sup>, Torchia G<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Ópticas, CONICET La Plata - CIC-BA

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Quilmes

Los sistemas láser de pulsos ultracortos (LPUC) pueden ser utilizados para lograr la modificación local de la estructura de un determinado material transparente, de modo que puede obtenerse una modificación en las propiedades del mismo alrededor de dicha zona. En este sentido, es posible grabar en estos materiales, estructuras que funcionen como guías de onda ópticas. Mediante un control preciso de la posición y el foco del haz de escritura, se pueden implementar distintos diseños, los cuales

abren la posibilidad de obtener una variedad importante de nuevos circuitos ópticos. A partir de este hecho y dominando esta herramienta tecnológica, la implementación de circuitos con diversas funciones puede ser posible.

En este trabajo, se presenta un diseño innovador utilizando la técnica de grabación mencionada, basada en micro-maquinado de guías de onda tipo II [1]. Particularmente, con este tipo de estructuras, no se han reportado aún diseños de circuitos ópticos tridimensionales (3D). Los diseños desarrollados hasta el momento con este tipo de guías de onda, incluyen guías de onda rectas, divisores de haz, interferómetros y anillos resonadores entre otras posibilidades, todos estos implementados sobre un mismo plano, por lo que son considerados diseños 2D. Fabricar circuitos ópticos 3D significa un avance en cuanto a posibilidades de investigar nuevas aplicaciones, y esto a su vez impulsa el desarrollo de dispositivos más complejos. Posteriormente, es necesario caracterizar estos dispositivos para conocer sus cualidades ópticas más relevantes. Es bien sabido que al grabar guías de onda en el interior de cristales de Niobato de Litio (LiNbO<sub>3</sub>) podemos aprovechar sus propiedades electro-ópticas [2], acusto-ópticas y piezo-ópticas, para diseñar distintas funcionalidades en los dispositivos fabricados. Luego de implementar el grabado de circuitos ópticos 3D, es posible mejorar la performance mediante la implementación de distintos procesos o métodos ya estudiados. En particular, entre estos, podemos mencionar: un tratamiento térmico que origina un mejor guiado óptico, o también el uso de la teoría de acoplamiento coherente en el diseño que permite generar curvas más abruptas y así obtener diseños más compactos que promuevan la disminución de las pérdidas en estos circuitos [3, 4].

En resumen, en este trabajo diseñamos e implementamos divisores de señal 1x4 tridimensionales fabricados con esta tecnología en el interior de cristales de Niobato de Litio corte X. Exploramos la performance óptica de los mismos y presentaremos una discusión sobre los avances y alcances de esta configuración 3D para la realización de nuevos e innovadores dispositivos fotónicos integrados.

#### Referencias:

- [1] Chen, F., and de Aldana, J.R.V., (2013), Optical waveguides in crystalline dielectric materials produced by femtosecond-laser micromachining, *Laser Photonics Reviews*, 8(2),251-275. Doi:10.1002/lpor.20300025
- [2] Presti, D.A., Guarepi, V., Videla, F., Fasciszewski, A., and Torchia, G. A. (2018) Intensity modulator fabricated in LiNbO<sub>3</sub> by femtosecond laser writing. *Optics and Lasers in Engineering*, 111, 222-226. Doi: 10.1016/j.optlaseng.2018.08.015
- [3] Guarepi, V., Peyton, R., Neyra, E., Presti, D., Torchia, G. A. (2022). Significant improvement in optical propagation of lithium niobate written waveguides by a thermal annealing. *Optics Laser Technology*, 149, 107871.
- [4] Peyton, R., Guarepi, V., Videla, F., Torchia, G. A. (2018). Key kinematic param-

ters in a low-loss power splitter written by femtosecond laser micromachining. Journal of Micromechanics and Microengineering, 28(5), 055011.

### FO-23 **Diseño y parametrización de pulsos láser Q-Switch de CO<sub>2</sub> de baja potencia**

Biasseti D A<sup>1 2</sup>, Ramos J<sup>2 1</sup>, Frigerio Parenza P<sup>1 3 2</sup>, Cortizo E<sup>1 3</sup>, De La Haye B<sup>1</sup>, Encina S<sup>1 3</sup>, Fainstein P<sup>1 4</sup>, Fiol J<sup>1 5 4</sup>, Fregenal D<sup>1 4 6</sup>, González J<sup>1 4 3</sup>, Kaul E<sup>1 4 3</sup>, Knoblauch P<sup>1 3</sup>, Niro F<sup>1</sup>, Perlo L<sup>1 3</sup>, Rios I<sup>1</sup>, Schönhals P<sup>1 3</sup>, Zarco M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Proyecto LASIE

<sup>3</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>4</sup> CONICET

<sup>5</sup> Gerencia Proyecto LASIE

<sup>6</sup> Centro Regional Universitario Bariloche - Universidad Nacional del Comahue

Para muchos procesos de foto físicos y foto-químicos se requieren láseres de potencia pico muy elevada. Uno de los mecanismos para obtener estas potencias consiste en utilizar la técnica denominada Q-Switch, basada en la modulación controlada de las pérdidas de la cavidad láser. Su uso es muy extendido en láseres sólidos como los YAG pero tiene poca difusión entre los láseres gaseosos como el de CO<sub>2</sub>, debido a las limitaciones en los umbrales de daño de los materiales ópticos que operan en el infrarrojo, y su escasa variedad. Por ello, el control de 'pulsabilidad' (frecuencias de repetición y fluencias alcanzables) aún resulta ser restringido en láseres de CO<sub>2</sub> pulsados mediante Q-Switch, representando un desafío para procesos específicos asistidos por láseres infrarrojos. La escalabilidad en estos sistemas exige un profundo conocimiento de los procesos y variables involucradas en la emisión láser. En este trabajo se discuten distintas posibles implementaciones de Q-Switch en láseres de CO<sub>2</sub> continuos y la posibilidad de sintonizar la potencia y el duty cycle controlando variables como la presión del gas, la cual afecta directamente a las vidas medias de los niveles láseres, y por lo tanto las ganancias y frecuencias de repetición máximas alcanzables.

### FO-24 **Efecto de las tensiones uniaxiales en la caracterización de capas de Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As mediante espectroscopía Raman.**

Prado A<sup>1</sup>, Tosi L<sup>1</sup>, Gonzalez M<sup>2</sup>, Salazar L<sup>1</sup>, Rozas C<sup>1</sup>, Anguiano S<sup>1</sup>, Perez D<sup>1</sup>, Pastoriza H<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dispositivos y Sensores, CAB-CNEA y CONICET.

<sup>2</sup> Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

En este trabajo describimos las complicaciones que surgen al caracterizar la composición de muestras de  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  crecidas por Epitaxia de Haces Moleculares (MBE, por sus siglas en inglés) mediante espectroscopía Raman. En particular, nos focalizamos en entender el efecto de aplicar una tensión uniaxial sobre los modos longitudinales ópticos (LO) tipo GaAs y tipo AlAs. En la literatura, se encuentra una gran dispersión en las curvas de calibración de la frecuencia atribuida a cada modo en función de  $x$ , siendo una posible fuente de tal dispersión la tensión con la que crece cada muestra. Concluimos que aunque mediciones de las frecuencias de los modos LO tipo GaAs y tipo AlAs pueden variar aún en mediciones realizadas en muestras con la misma composición (debido a temperatura, calibración o tensión intrínseca), la composición de la muestra puede ser determinada mediante espectroscopía Raman si se considera la diferencia entre la frecuencia del modo LO tipo GaAs y tipo AlAs.

## FO-25 **Enfocando el sonido en la nanoescala**

Boggiano H D<sup>1</sup>, Nan L<sup>2</sup>, Tilmann B<sup>2</sup>, Maier S A<sup>3 2 4</sup>, Grinblat G<sup>1</sup>, Cortés E<sup>2</sup>, Bragas A V<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Instituto de Física de Buenos Aires, CONICET, C1428EGA Buenos Aires, Argentina*

<sup>2</sup> *Chair in Hybrid Nanosystems, Nanoinstitut Munich, Faculty of Physics, Ludwig-Maximilians-Universität München, 80539 Munich, Germany*

<sup>3</sup> *School of Physics and Astronomy, Monash University, Clayton, Victoria 3800, Australia*

<sup>4</sup> *Department of Physics, Imperial College London, London SW7 2AZ, United Kingdom*

Las antenas plasmónicas son capaces de actuar como eficientes transductores optomecánicos para la generación y detección de ondas acústicas en el rango de los GHz (hipersonido). Excitadas con láseres de pulsos ultracortos, estas estructuras muestran vibraciones coherentes de alta frecuencia, conocidas como fonones acústicos coherentes. Estas oscilaciones localizadas se acoplan al sustrato y se propagan grandes distancias a través de él como ondas acústicas superficiales (SAWs, por sus siglas en inglés) de decenas a pocos cientos de nanómetros de longitud de onda, y pueden ser detectadas ópticamente por otra antena que actúa como receptor mecánico de alta sensibilidad debido a la modulación dinámica de sus propiedades ópticas [1-3].

La respuesta optomecánica de estas estructuras depende su tamaño, geometría y composición, entre otras condiciones de contorno. Las sofisticadas técnicas de fabricación actuales implementadas en conjunto con simulaciones numéricas han permitido utilizarlas como fuentes y/o receptores localizados y sintonizables de ondas acústicas superficiales en la nanoescala [1,4], con potenciales aplicaciones en sensado de superficies y comunicaciones.

Con el objetivo de controlar la emisión de ondas superficiales de hipersonido, exploramos numéricamente la posibilidad de utilizar una estructura compleja compuesta por

nanodiscos de oro distribuidos sobre un arco circular de  $1.5 \mu\text{m}$  de radio y separados por una distancia de arco de 50 nm. La oscilación colectiva y en fase de todas estas estructuras da origen a un patrón de interferencia que resulta en un haz acústico limitado por difracción, permitiendo controlar así la direccionalidad de las SAWs en el campo lejano e intensificar el campo acústico en la nanoescala.

[1] Berte et al., *Phys. Rev. Lett.* **121** (2018), 253902.

[2] Poblet et al., *ACS Photonics* **8** (2021), 2846-2852.

[3] Imade et al., *Nano Lett.* **21** (2021), 6261-6267.

[4] Della Picca et al., *Nano Lett.* **16** (2016), 1428-1434.

## FO-26 ENLACE DE RADIO SOBRE FIBRA ÓPTICA PARA SEÑALES DE ONDAS MILIMÉTRICAS EN LA BANDA DE 60 GHz

Zoireff G<sup>1</sup>, Vidal B<sup>2</sup>, Morbidel L<sup>1</sup>, Costanzo Caso P A<sup>1</sup>, Bulus Rossini L A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Investigación Aplicada en Telecomunicaciones (LIAT), CNEA. Instituto Balseiro (CNEA-UNCuyo). CONICET CCT Patagonia Norte*

<sup>2</sup> *Nanophotonic Technology Center, Universidad Politécnica de Valencia, España*

La tecnología fotónica ha revolucionado los sistemas de comunicaciones, logrando incrementar considerablemente las tasas de transmisión de datos a través de una fibra óptica. Sin embargo, las radiocomunicaciones todavía son indispensables en la vida diaria de las personas, como ser los servicios de telefonía y transmisión de datos móviles, en donde los nuevos estándares 5G y próximamente 6G requieren un mayor ancho de banda para conectar más servicios de mejor calidad [1]. Por este motivo, para albergar estos nuevos estándares se eligen bandas de mayor frecuencia (30-60-90-120 GHz) [2], en donde el ancho de banda disponible es mayor, pero resulta un desafío el desarrollar transceivers electrónicos pues las pérdidas de potencia, el peso y el costo de los sistemas se incrementan considerablemente. En este contexto, los sistemas de comunicaciones híbridos que combinan dispositivos fotónicos con electrónica, rama conocida como fotónica en microondas, se presenta como una solución a los desafíos planteados anteriormente [3]. En este trabajo se presenta un enlace típico de radio sobre fibra, que combina una transmisión de señales de datos en fibra óptica, luego se convierte en frecuencia en forma fotónica hasta la banda de 60 GHz, para luego ser reinsertados nuevamente a la red de fibra. La implementación de este sistema realizada por medio de moduladores ópticos presenta gran estabilidad en frecuencia, pudiendo transmitir múltiples canales en la misma banda con interferencia entre canales (crosstalk) reducido [4].

[1] S. Dang et al, *Nat. Electron.* **3**, 20729 (2020)

- [2] T. Nagatsuma et al, Nat. Photon., vol. 10, 371-379, Jun. 2010  
 [3] B Vidal et al, Adv. Opt. Technol., vol. 2012, Sep. 2012  
 [4] G. Zoireff et al, Opt. Comm., vol. 5006, 127585, 2022

## FO-27 Espectroscopía y caracterización eléctrica de láseres de cascada cuántica basados en GaAs/AlGaAs

Martinek L<sup>1</sup>, Pizarro A<sup>1 2</sup>, Rozas G<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Laboratorio de Fotónica y Optoelectrónica, Centro Atómico Bariloche e Instituto Balseiro, Bariloche, Río Negro, Argentina*

<sup>3</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)*

El interés en el rango espectral del infrarrojo medio (MIR), especialmente importante en aplicaciones de espectroscopía y sensado remoto, ha impulsado durante los últimos años la demanda de fuentes potentes, compactas y sintonizables en este rango, en particular de láseres de cascada cuántica (QCLs). En un láser semiconductor convencional la luz emitida es generada por la recombinación radiativa de electrones de la banda de conducción y huecos de la banda de valencia. En contraste, un QCL es un dispositivo unipolar basado en transiciones electrónicas de una subbanda de conducción confinada a otra en un sistema de pozos cuánticos acoplados, permitiendo en principio controlar por diseño la energía de emisión y hacerla arbitrariamente baja, lo cual los hace muy buenos candidatos para láseres en los rangos MIR y FIR.

Se crecieron láseres de cascada cuántica en el Centro Atómico Bariloche mediante la técnica de crecimiento epitaxial por haces moleculares y se busca caracterizarlos. Para esto se estudió el comportamiento de un láser de cascada cuántica crecido previamente en el Paul Drude Institute (PDI) de Berlín para observar el típico comportamiento de uno de estos láseres y automatizar los procesos de caracterización. Se realizaron curvas IV para distintas configuraciones de temperatura y alimentación y se observó que, a medida que se aumenta la temperatura, el rango de corrientes a las que el láser emite disminuye. Se midió el espectro de emisión de este láser a distintas corrientes mediante la técnica de espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier y se logró observar picos de emisión equiespaciados a frecuencias de THz, y como se modifica la energía de emisión según el voltaje aplicado. Por medio del espectro de emisión se logró calcular el índice de refracción efectivo del material y se obtuvo que este no varía apreciablemente con la corriente aplicada en las condiciones medidas.

## FO-28 Estabilización de diodos láser para enfriamiento y atrapado de iones de iterbio

Vlatko C<sup>1</sup>, Brigante A M<sup>1</sup>, Nuñez Barreto N A<sup>1 2</sup>, Filgueira L E<sup>2</sup>, Schmiegelow C T<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos*

Aires

<sup>2</sup> IFIBA, Conicet, Pabellón 1, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina

En el Laboratorio de Iones y Átomos Fríos (LIAF) se enfrían y atrapan iones. Lograr esto es posible gracias a láseres estabilizados en frecuencia con precisión del orden de los MHz que son utilizados para ionizar los átomos y excitar las transiciones atómicas necesarias para realizar enfriamiento Doppler. Desarrollamos instrumentación para la estabilización en frecuencia de cuatro diodos láser sintonizables. Se tienen dos láseres de tipo cavidad extendida en la configuración de Littrow con longitudes de onda de 370 nm y 399 nm. Estos tienen un piezoeléctrico que controla una red de difracción modificando la longitud de onda de emisión. La corriente y la temperatura también son parámetros de control de la longitud de onda. Los otros dos láseres son de tipo DFB (distributed feedback) en 760 nm y 935 nm, con parámetros de control de corriente y temperatura.

Por un lado se construyó un bloque de cuatro cavidades de Fabry Perot y se estudiaron sus propiedades usando un diodo láser de 397 nm. Los espejos de las cavidades se eligieron específicamente para una trampa de iones de iterbio que el laboratorio tiene en desarrollo. Se tienen dos cavidades de alta fineza que, según su reflectividad en esta longitud de onda, alcanzan una fineza teórica de  $F = 3140$ . Experimentalmente, se midió una fineza del orden de  $F = 1000$ , con un ancho de línea de 1.4(3) MHz. Las otras dos cavidades tienen finezas estimadas mediante el cálculo teórico de 312 y 393, mientras que experimentalmente se midieron finezas del orden de 100. En este caso se obtuvieron anchos de línea de 15 MHz. Para estos sistemas se espera una estabilidad mínima de un décimo del ancho de línea por el método de lock in; y un centésimo con el método de lockeo Pound?Drever?Hall. Por otro lado, se desarrolló un software de lazo de control PI de estabilización en frecuencia de los cuatro diodos láser mencionados usando un Wavelength Meter. La especificación del mismo indica una resolución de 1 MHz y una exactitud de 600 MHz. El software cuenta con una interfaz gráfica, y permite monitorear la frecuencia y ajustar en tiempo real los parámetros de control de los láseres de forma remota. Con este sistema se espera una estabilización controlada en 5 MHz controlando la corriente en los láseres IR y el voltaje en los UV.

## FO-29 Estabilización en frecuencia de un láser titanio zafiro para espectroscopia de precisión en iones de iterbio

Vinograd M<sup>1</sup>, Filgueira L<sup>1</sup>, Schmiegelow C<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires

En vistas de poder realizar espectroscopia coherente en iones de iterbio atrapados en una trampa de Paul, este trabajo muestra los avances en la estabilización de un láser de titanio zafiro continuo en una cavidad Fabry-Pérot de alta fineza. Discutimos la puesta a punto del láser y de la óptica, así como también el montado de la cavidad. Explicamos los pilares importantes para conseguir un láser con ancho de línea en el régimen de pocos Hz con el objetivo de armar un sistema que será utilizado como oscilador fundamental de un reloj atómico-óptico. El trabajo incluye un análisis de los parámetros de control de la frecuencia del láser, el armado de un sistema de detección por transmisión así como un receptor homodino por reflexión, y la puesta a punto de un sistema de estabilización de la frecuencia mediante la técnica Pound Dever Hall. El sistema óptico se sintonizará para las longitudes de onda de la transición cuadrupolar y octupolar del iterbio de 871nm y 934nm, respectivamente. El interés en el iterbio radica, entre otras aplicaciones, en que es uno de los posibles candidatos para reemplazar al cesio como patrón de frecuencia en relojes atómicos. Este sistema permitirá no sólo estudiar estas dos transiciones, sino también ser usado para experimentos con enfriado por bandas laterales y simulaciones cuánticas.

### FO-30 **Estudio de la deformación de nanopartículas triangular-planal mediante luz emitida por diodos**

Etcheverry M E<sup>1</sup>, Urbina I<sup>1</sup>, Villa-Pérez C<sup>1</sup>, Mendoza J<sup>1</sup>, Schinca D<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Centro de Investigaciones Ópticas, CONICET La Plata - CIC-BA*

Las nanopartículas han sido estudiadas extensamente desde hace muchos años [1], algunas de las más estudiadas están constituidas de metales puros, entre los los más conocidos son el oro (Au) y la plata (Ag)[1]. Diversidad de estrategias pueden ser empleadas para la síntesis controlada de nanopartículas, las más comunes son la síntesis química o física [1]. En la actualidad la síntesis de nanopartículas anisotrópicas ha generado mucho interés debido a sus propiedades ópticas, eléctricas y magnéticas tan particulares. Estas partículas son aquellas que, esencialmente, poseen formas geométricas definidas distintas a la esfera como: nanobaras, cubos, triángulos, pirámides, platos, entre otros [2,3]. Su fabricación ha sido llevada a cabo con fines prácticos en distintas áreas de la ciencia, bien sea para su estudio de formación o aplicaciones prácticas en áreas de la medicina, biología, entre otras. En este trabajo se realizaron una serie de experiencias para modificar la morfología inicial de las nanopartículas, haciéndolas interactuar con luz de diversas longitudes de onda (no solo alguna que coincidiera con la longitud de onda de la resonancia plasmónica) generando así especies anisotrópicas y poder estudiar la formación de las mismas. Para ello fueron empleados nanoplatos triangulares de plata sintetizados de forma química. Los nanoplatos se sintetizaron en dos etapas; en la primera, se formaron semillas a partir de la

reacción de un precursor de iones de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), un agente reductor ( $\text{NaBH}_4$ ) y sustancias que den soporte (PVP) y estabilidad (NaCitrato). Posteriormente se llevó a cabo el crecimiento controlado de las semillas previamente obtenidas, mediante el agregado de iones de plata y un agente reductor (ácido ascórbico). Para finalizar, la superficie de las NPs fue estabilizada con citrato sódico. Mediante el control de la cantidad de semillas utilizada en la segunda etapa se obtuvieron nanopartículas con la resonancia plasmónica centrada en 573 nm. Las nanopartículas fueron irradiadas utilizando fuentes de luz LED (por sus siglas en inglés, light emitting diode), a 1W de potencia a diferentes longitudes de onda. El cambio en la morfología fue monitoreado temporalmente mediante espectrometría UV-Visible y Microscopía de Transmisión Electrónica (TEM). Los resultados mostraron un cambio significativo en la resonancia plasmónica de las nanopartículas después de la irradiación y un cambio significativo en la morfología de las partículas.

1 Verma, S., Rao, B. T., Srivastava, A. P., Srivastava, D., Kaul, R., Singh, B. (2017). A facile synthesis of broad plasmon wavelength tunable silver nanoparticles in citrate aqueous solutions by laser ablation and light irradiation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 527, 23733.

2 Stamples, K. G., Scaiano, J. C. (2010). Light Emitting Diode Irradiation Can Control the Morphology and Optical Properties of Silver Nanoparticles. *Journal of the American Chemical Society*, 132(6), 1825-1827.

3 Pearce, A. K., Wilks, T. R., Arno, M. C., O'Reilly, R. K. (2020). Synthesis and applications of anisotropic nanoparticles with precisely defined dimensions. *Nature Reviews Chemistry*.

## FO-31 **Estudio de la intensidad de la turbulencia atmosférica mediante deep learning**

Gulich D<sup>1 2 3</sup>, Buffarini L<sup>1</sup>, Tebaldi M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp - CONICET - UNLP - CICPBA)

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de la Ciudad de Buenos Aires

En este trabajo detallamos el proceso de desarrollo de un modelo sencillo de clasificación con redes neuronales (deep learning) para la cuantificación de la turbulencia atmosférica. A tal efecto, generamos series de imágenes deformadas dinámicamente en laboratorio como conjunto de entrenamiento, validación y prueba en distintas intensidades fijas de turbulencia. Para las experiencias se empleó un turbulador, que es un generador de turbulencias estadísticamente repetible basado en la mezcla de dos flujos de aire a diferentes temperaturas.

## FO-32 Estudio teórico de la interacción de ondas electromagnéticas con partículas: transferencia de cantidad de momento lineal y angular en partículas magnetodieléctricas

Di Rocco A A<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Arroyo Seco (CIFICEN-CONICET), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

En este trabajo se estudió teóricamente la interacción de ondas electromagnéticas polarizadas (OEM) con partículas con propiedades magnetodieléctricas. A partir del análisis de los fenómenos físicos que intervienen en el intercambio de la cantidad de movimiento ( $\mathbf{g}$ ) que se transfiere desde la OEM a la partícula, fue posible encontrar expresiones analíticas bajo la aproximación dipolar, las cuales permiten hacer un análisis de los términos que intervienen en la dinámica del sistema.

El estudio de la transferencia de momentum se realiza en un marco de referencia donde se satisfacen las leyes de conservación de la energía y la conservación del momento lineal (Teorema Óptico y Teorema de Poynting). Bajo la aproximación dipolar, es posible encontrar expresiones analíticas para la fuerza que ejerce una OEM sobre el obstáculo y, a partir de la segunda ley de Newton, relacionar el momentum con las fuerzas.

Se mostró que el momentum transportado por una OEM, puede desdoblarse en dos términos perfectamente identificables [1]: uno relacionado con el momento angular orbital y otro con el momento angular de spin. Esta interpretación de  $\mathbf{g}$ , explica una serie de fenómenos físicos (no intuitivos) observados en nanopartículas sometidas a campos electromagnéticos polarizados e inhomogéneos. Los términos mencionados, que dan cuenta del vector de Poynting ( $\mathbf{S}$ ), permiten comprender cómo se transfiere energía, en promedio temporal, a una partícula dipolar gracias a la relación entre  $\langle \mathbf{g} \rangle$  y  $\langle \mathbf{S} \rangle$ .

Las fuerzas inducidas sobre las partículas fueron calculadas mediante la densidad de energía absorbida (en media temporal) por la nanopartícula desde el campo incidente. Bajo este esquema, y trabajando sobre una esfera de integración en la zona de "campo lejano"[2], se encuentran las expresiones para la fuerza total sobre la nanopartícula en función de sus parámetros constitutivos.

En líneas generales, fue posible demostrar que las fuerzas sobre partículas magnetodieléctricas no son conservativas. Estas fuerzas dependen del gradiente de la energía eléctrica y magnética transportada por la onda, conocida como fuerza de gradiente (que da lugar a las pinzas ópticas) y de un segundo término disipativo, conocido como presión de radiación. Este último término, a diferencia de lo que se suponía, no

depende totalmente de vector de Poynting, sino que, asociado a este, se encuentra el rotor de la densidad de momento angular de spin.

En particular, para la aproximación dipolar, se demostró que el término asociado al momento angular de spin **no influye** en la fuerza de origen eléctrico o magnético, siendo el momento orbital extrínseco el que da origen a la presión de radiación cuando se trabaja bajo estas condiciones.

Por el tipo de partículas estudiadas, se debe considerar la posibilidad de una excitación dipolar magnética que compita con la eléctrica, lo que resulta en la aparición de un tercer término en la fuerza que proviene de la interacción entre el momento dipolar eléctrico y el magnético. Funcionalmente, es el producto vectorial entre ambos dipolos que, al estar alineados con los campos, suma al empuje de la partícula en la dirección del campo.

Bajo esta aproximación, se obtuvieron expresiones analíticas para las fuerzas en función de los momentos dipolares eléctrico y magnético, pudiendo caracterizar los términos dominantes en la fuerza (efectos eléctricos, magnéticos o una interacción entre ambos). También se trabajó para obtener una expresión que permite asociar cada término con características físicas de la OEM incidente. Por ejemplo, para una OEM plana y linealmente polarizada, el término de presión por radiación es el único que prevalece.

Finalmente, fue posible reproducir resultados encontrados en la literatura y realizar simulaciones con algunos ejemplos, donde se aprecia gráficamente cómo el método desarrollado predice el movimiento de una partícula al interactuar con campos electromagnéticos con determinadas distribuciones espaciales.

[1] KY Bliokh, New J. Phys, (2014)

[2] M Nieto-Vesperinas, JJ Saenz, R Gomez-Medina and L Chantada, Optics Express, (2010)

## FO-33 Estudio y análisis del funcionamiento de un anillo resonador de fibra óptica

Di Pierro V<sup>1</sup>, Ivanovich N<sup>1</sup>, De Avanzo N<sup>1</sup>, Pagano P<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp), La Plata, Argentina

En las últimas décadas, los sensores ópticos han sido utilizados ampliamente en varios campos de aplicación para obtener diferentes magnitudes físicas. Uno de los sistemas más utilizados es el anillo resonador óptico (ORR) [1], que ha sido implementado exitosamente como sensor de temperatura, velocidad angular, stress, biomolecular, presión, etc, como así también es utilizado en aplicaciones en fotónica integrada (WDM, filtros, láseres, redes de Bragg) con gran impacto en comunicaciones ópticas. Este tipo de sensores son generalmente utilizados y caracterizados mediante sistemas

láser, elementos e instrumentos fotónicos. Para lograr una óptima caracterización de los ORR es necesario usar distintos dispositivos, entre ellos: fuentes láser de ancho de banda angosto, espectrómetros de alta resolución y detectores con alta relación señal/ruido. Los láseres de semiconductores del tipo distributed feedback (DFB) ofrecen anchos espectrales estrechos ( $1 \text{ MHz}$ ). En particular estos láseres pueden cambiar su longitud de onda variando la temperatura de funcionamiento.

En el presente trabajo se determinaron los parámetros característicos de un anillo resonador de fibra óptica a partir del ajuste de la función de transferencia (FT) [2]. Para ello se utilizó un láser DFB, que se lo somete a una fuente de calor externa para así variar la longitud de onda de entrada al sistema óptico. El anillo se construyó a partir de un divisor de señal  $2 \times 2$  de fibra óptica de  $10 \text{ cm}$  de radio. A partir de la FT se encontró que el rango espectral libre (FSR) es  $\lambda_{FSR} = 16,6(3) \text{ pm}$ , el ancho a mitad de altura  $\delta\lambda_{FWHM} = 2,2(3) \text{ pm}$  y la finesa  $f = 7,5(4)$ . Asimismo, se obtuvo la curva de sintonía del sistema láser DFB al someterlo a cambios de la temperatura de funcionamiento accionado por una fuente de calor externa y con el sistema de control térmico desactivado. Finalmente, se busca obtener esta curva de sintonía con un optical spectral analyzer (OSA) y verificar los resultados obtenidos.

[1] P.Pagano. ‘Estudio de un anillo resonador integrado en un cristal de Niobato de Litio’. UNLP (2020).

[2] Damian Presti, Fabian A. Videla, Gustavo A. Torchia. ‘Optical fiber ring resonator as a high-resolution spectrometer. Characterization and applications with single line diode lasers’, Opt. Eng. 57(5), 057108 (2018).

## FO-34 **Fabricación y transferencia de cristales de monocapas de MoS2 obtenidos por deposición química de vapor**

Aversa M<sup>1</sup>, Gutierrez L<sup>2</sup>, Vega N<sup>3 4 5</sup>, Comedi D<sup>3 4 5</sup>, Bragas A<sup>1</sup>, Grinblat G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Buenos Aires y Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>3</sup> NanoProject y Laboratorio de Física del Sólido, Dep. de Física, FACET, Universidad Nacional de Tucumán

<sup>4</sup> NanoProject y Laboratorio de Nanomateriales y de Propiedades Dieléctricas, Dep. de Física, FACET, Universidad Nacional de Tucumán

<sup>5</sup> Instituto de Física del Noroeste Argentino

Los dicalcogenuros de metales de transición (TMDC) constituyen una familia de cris-

tales cuyos planos atómicos interactúan débilmente entre sí, lo que permite obtener estructuras de hasta una única capa de átomos. Las propiedades ópticas y electrónicas que se generan a partir de la naturaleza de estos materiales bidimensionales se ha constituido en los últimos años como un objeto de estudio de fuerte relevancia, y con ello se ha profundizado en la investigación de las técnicas de fabricación y de transferencia de estos.

En este trabajo se presentan muestras de MoS<sub>2</sub>, uno de los TMDC más estudiados, realizadas mediante la técnica de deposición química de vapor (CVD) en el marco de una colaboración con el Instituto de Física del Noroeste y caracterizaciones ópticas de las mismas, junto con el diseño de un dispositivo de CVD a implementarse en el Instituto de Física de Buenos Aires. También se presenta la fabricación de un dispositivo de transferencia determinista para implementar en el estudio de estos materiales y la fabricación de heteroestructuras.

## FO-35 **Generación de patrones de pulsos optoelectrónicos para comunicaciones cuánticas en 1550 nm**

Aparicio M G<sup>1 2</sup>, Morales J<sup>2 1</sup>, Longo C<sup>3</sup>, Gasulla D<sup>3</sup>, Arrieta C<sup>3</sup>, Larotonda M A<sup>2 1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Centro de Investigación en Láseres y Aplicaciones, UNIDEF (CONICET-MINDEF)*

<sup>3</sup> *División Microelectrónica - DEA CITEDEF*

Se presenta un desarrollo consistente en un sistema optoelectrónico de conformación de pulsos ópticos en fibra óptica, que permite codificar estados cuánticos en el grado de libertad de time-bin o modo temporal, al atenuar la intensidad de salida a niveles de menos de un fotón por pulso. El requisito fundamental para obtener un sistema emisor práctico para comunicaciones cuánticas es una tasa de generación de símbolos alta, lo que implica que tanto la duración de los pulsos como su separación estén en el rango del nanosegundo o menos. Para esto se propuso generar los patrones electrónicos usando un dispositivo cuyos componentes principales son un conversor de datos paralelo a serie (MC10EP446, Onsemi), que “serializa” el bus paralelo de 8 bits paralelo al doble de la frecuencia de reloj de entrada, y un generador de reloj sintetizado programable a partir de un phase-locked loop (NBC12430, Onsemi) para elevar la frecuencia de una señal de referencia de entrada hasta la requerida por el reloj del serializador (entre 400 y 800 MHz). El dispositivo emite estados cuánticos sobre pulsos de luz coherente atenuados, con una separación mínima entre pulsos de 625 ps. Como demostración de prueba de principios, estos estados luego fueron detectados utilizando un módulo de conteo de fotones conectado a un time-tagger.

## FO-36 Implementación de fuentes de luz basadas en SPDC y sus posibles aplicaciones en metrología cuántica

Magnoni A G<sup>1 2</sup>, Bonetto M<sup>3 2</sup>, Knoll L T<sup>1</sup>, Tiffenberg J<sup>4</sup>, Estrada J<sup>4</sup>, Larotonda M A<sup>1 2</sup>, Rodríguez D<sup>3 2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CITEDEF) - UNIDEF - CONICET*

<sup>2</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>3</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires*

<sup>4</sup> *Fermi National Accelerator Laboratory, DOE, EEUU*

El estudio del proceso de Conversión Paramétrica Descendente (SPDC, por sus siglas en inglés) lleva ya varios años en desarrollo desde las primeras publicaciones al respecto a finales de la década de los 80 [1]. Las correlaciones presentes en los pares de fotones generados en el cristal dieron lugar al desarrollo de distintas fuentes de luz no clásicas, con aplicaciones tanto en metrología como en comunicaciones y computación cuántica. En este trabajo se presenta la implementación experimental de dos fuentes de luz basadas en SPDC: una fuente de fotones individuales y una fuente de pares correlacionados o twin-beams.

En la primera se utiliza un cristal no lineal PPKTP con guía de onda y se adiciona a la generación de pares en el cristal una etapa de multiplexado temporal que modifica la estadística de la fuente, volviéndola sub-Poissoniana. Se presentará un estudio teórico de la estadística de emisión [2], los resultados de la implementación experimental y una simulación de su potencial aplicación en experimentos de medición de transmisiones con ventaja cuántica [3].

En la segunda, se utiliza un cristal bulk BBO tipo II, y los anillos de fotones son detectados con un sensor Skipper-CCD [4,5], con capacidad de resolución espacial y de número de fotones. Se presenta un estudio teórico de la estadística de la fuente y los resultados preliminares de su implementación experimental.

### Referencias:

- [1] Ghosh, R. Mandel, L. (1987). "Observation of Nonclassical Effects in the Interference of Two Photons". *Phys. Rev. Lett.* 59 (17): 1903-1905.
- [2] Magnoni, A. G., López Grande, I. H., Knoll, L. T., Larotonda, M. A. (2019). "Performance of a temporally multiplexed single-photon source with imperfect devices". *Quantum Information Processing*, 18(10), 1-13.

- [3] Magnoni, A. G., Knoll, L. T., Larotonda, M. A. (2021). "Scheme for sub-shot-noise transmission measurement using a time-multiplexed single-photon source". *JOSA B*, 38(9), 2502-2510.
- [4] Tiffenberg, J., Sofo-Haro, M., Drlica-Wagner, A., Essig, R., Guardincerri, Y., Holland, S., ... Yu, T. T. (2017). "Single-electron and single-photon sensitivity with a silicon Skipper CCD". *Physical review letters*, 119(13), 131802.
- [5] Rodrigues, D., Andersson, K., Cababie, M., Donadon, A., Botti, A., Canelo, G., ... Uemura, S. (2021). "Absolute measurement of the Fano factor using a Skipper-CCD". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 1010, 165511.

## FO-37 Implementación de la técnica de REMPI como método de detección en un espectrómetro de masas por tiempo de vuelo

Gomez N<sup>1</sup>, D'Accurso V<sup>1</sup>, Codnia J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CITEDEF) - UNIDEF - CONICET*

La técnica de REMPI, por sus siglas en inglés, Resonance Enhanced Multiphoton Ionization, en combinación con la técnica de espectrometría de masas por tiempo de vuelo (TOF) ha mostrado ser altamente selectiva y sensible, aplicada al monitoreo de compuestos poliaromáticos en diferentes procesos. En contraste con otras técnicas de ionización como impacto electrónico (EI) o ionización multifotónica UV (UVMPI), permite la obtención de espectros más limpios, con menor grado de fragmentación, permitiendo una interpretación más directa de los espectros.

En nuestro laboratorio hemos optimizado una facilidad de detección por espectrometría TOF a partir de ionización REMPI, estudiando la ionización y fragmentación de benceno. La molécula de benceno fue utilizada como representativa de diferentes compuestos aromáticos. A su vez, es sabido que la transición al primer estado singlete excitado  $S_0 \rightarrow S_1(^1B_{2u})$ , es resonante con la absorción de dos fotones de 482 nm. Es por esto último que se utilizó la molécula de benceno para optimizar la aplicación de la técnica de detección por REMPI. Como fuente de ionización hemos utilizado un láser de colorante bombeado por medio de la tercer armónica (355 nm) de un láser pulsado de Nd:YAG, Quanta Ray Lab-Series. Utilizamos Cumarina 102, permitiendo la sintonización en el intervalo de longitudes de onda ente 470 y 490 nm. El ingreso de la muestra en la cámara de ionización fue controlado por medio de una válvula pulsada utilizando un controlador Parker Hannifin, modelo Iota One. La sincronización entre los láseres y la válvula pulsada se realizó utilizando un generador de pulsos BNC, modelo 575. Por medio de un fotodiodo ubicado a la salida de la cámara de ionización, se registró la energía del láser de colorante pulso a pulso. El vacío en la

cámara de reacción y en el espectrómetro fue controlado a partir de bombas mecánicas y turbo moleculares, alcanzando niveles de vacío de  $10^{-7}$  Torr. La presión en la cámara del TOF fue medida utilizando un medidor de presión Pfeiffer de cátodo frío, mientras que la presión en la cámara de ionización se midió a partir de un medidor de amplio rango marca Edwards.

Caracterizamos el espectro de masas del benceno variando la energía y longitud de onda del láser de colorante, determinando de esta forma el espectro REMPI de benceno. Los resultados experimentales fueron comparados con los obtenidos a partir de cálculos ab initio, realizados utilizando el programa Gaussian09. Determinamos la energía de la transición electrónica  $S_0 \rightarrow S_1(^1B_{2u})$  del benceno empleando el nivel de teoría CASSCF(MP2) con la base de funciones de Pople 6-31g(d). Empleando la aproximación de Herzberg-Teller calculamos el espectro de absorción de 1 fotón en el intervalo de longitudes de onda 230-270 nm. Para ello optimizamos las geometrías y calculamos los modos vibracionales con correcciones por anarmonicidad de los estados  $S_0$  y  $S_1$ . Se obtuvo una buena correlación entre los resultados calculados y los obtenidos experimentalmente bajo el régimen de absorción de dos fotones.

Se realizó un estudio del patrón de ionización y fragmentación de benceno variando la energía del láser de colorante, realizando una comparación con aquellos que se obtienen a partir de ionización por impacto electrónico y ionización multifotónica UV. De forma de interpretar los resultados obtenidos se realizaron cálculos ab initio para determinar la termoquímica de los diferentes canales de ionización y fragmentación. En futuros trabajos la facilidad de TOFMS+REMPI será utilizada en el estudio de la disociación multifotónica infrarroja de diferentes compuestos aromáticos.

## FO-38 Implementación del proceso de mezclado de cuatro ondas estimulado en guías de onda rectas de Nitruro de Silicio

Pagano P L<sup>1,2</sup>, Martínez Valdiviezo J H<sup>1</sup>, Rebón L<sup>3</sup>, Torchia G A<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Ópticas (CONICET-La Plata-CIC) y UID Óptimo, Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, P.O Box 3, Gonnet, La Plata 1897.

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP

<sup>3</sup> Instituto de Física, Facultad de Cs. Exactas, Universidad Nacional de La Plata

<sup>4</sup> Departamento Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes - Argentina

El proceso de mezclado de cuatro ondas (FWM, del inglés *Four Wave Mixing*) es un proceso no lineal de tercer orden que, de estar presente, puede ser útil o perjudicial según el objetivo y la implementación particular. Tal fenómeno, puede inducir señales no deseadas en sistemas de comunicaciones ópticas con división por multiplexado, que afectan de forma negativa al sistema. Pero, por otra parte, puede ser utilizado

en favor de procesos de amplificación de señales, conversión de longitud de onda, demultiplexado en canales, generación de pulsos, entre otros. En particular, puede ser empleado para la generación de pares de fotones correlacionados cuánticamente en circuitos ópticos de fotónica integrada.

En el presente trabajo se busca analizar el proceso de mezclado de cuatro ondas estimulado en guías de onda en nitruro de silicio ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Para ello se implementarán guías de onda de distintas longitudes y con distintos anchos con el objetivo de estudiar la eficiencia de este proceso ante estas modificaciones en el diseño. Estas estructuras fotónicas se caracterizarán usando un acople de luz láser del tipo *end-fire* y con un analizador de espectros (OSA del inglés, *Optical Spectrum Analyzer*) en la salida. Se explorará este fenómeno, utilizando como bombeo y señal, con longitudes de onda dentro de la banda de comunicaciones ópticas (en torno a 1550 nm). Se espera obtener una respuesta en los nW, siendo el bombeo y la señal de 10 mW. Finalmente, los resultados experimentales obtenidos se compararán con los hallados previamente en forma numérica para el mismo sistema propuesto a partir de la solución aproximada de la ecuación de onda, y considerando la expansión a tercer orden del vector de polarización.

### FO-39 Impresión óptica de nanoestrellas de oro

Martínez L P<sup>1</sup>, Poklepovich S<sup>2</sup>, Gargiulo J<sup>1 3</sup>, Martínez E D<sup>4</sup>, Angelomé P C<sup>2</sup>, Stefani F D<sup>1 5</sup>, Viola I L<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Bionanociencias (CIBION)

<sup>2</sup> Gerencia Química, CAC - CNEA

<sup>3</sup> Instituto de Nanosistemas, UNSAM

<sup>4</sup> Dispositivos y Sensores, Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, Centro Atómico Bariloche-CNEA

<sup>5</sup> Departamento de Física, FCEyN, UBA

Uno de los desafíos abiertos en el campo de la nanotecnología es la generación de arreglos organizados de nanopartículas (NPs) con diferentes morfologías y funciones sobre el mismo sustrato.[1] La técnica de impresión óptica permite depositar NPs individuales a partir de una suspensión coloidal, sobre sustratos arbitrarios y de manera controlada y automatizada.[2-3] Esta técnica se basa en el aprovechamiento de las fuerzas ópticas que se producen sobre las NPs al ser iluminadas, las cuales las dirigen hacia el centro del haz y en dirección al sustrato.

Sin embargo, la impresión de nanoestructuras con morfologías arbitrarias, en particular las de gran interés en sensado como las nanoestrellas de oro, no ha sido muy explorada en la literatura debido a la deformación que sufren por calentamiento plasmónico durante el proceso de impresión.

En este trabajo se presenta la optimización de las condiciones de impresión óptica de

nanoestrellas de oro obtenidas a través de dos métodos de síntesis coloidal, mediante de la utilización de diferentes longitudes de onda y potencias de impresión.

## REFERENCIAS

- [1] Zhang, H.; Kinnear, C.; Mulvaney, P., Adv. Mater. Issue 1904551, 2019.  
 [2] Urban, A. S.; Lutich, A.; Stefani, F. D.; Feldmann, J, Nano Lett, Vol 12, 4794-4798, 2010.  
 [3] Gargiulo, J.; Violi I. L.; Cerrota S.; Chva?tal, L.; Corte?s, E.; Perassi, E. M.; Diaz, F, ACS Nano Vol 10, 9678-9688, 2017.

## FO-40 Influencia de un modulador espacial de luz LCOS en la correlación posición-momento de fotones generados por SPDC

Bordakevich S<sup>1 2</sup>, Rebón L<sup>3 4</sup>, Ledesma S<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata

<sup>4</sup> Instituto de Física de La Plata, CONICET

Las pantallas de cristal líquido suelen ser utilizadas como moduladores espaciales de luz en la generación, manipulación y detección de estados fotónicos en experimentos de óptica cuántica. Los mismos pueden programarse píxel a píxel para modificar distintas propiedades del campo electromagnético como amplitud, fase, polarización, momento lineal transversal, momento angular, lo cual los vuelve de gran utilidad para distintas aplicaciones. En un trabajo previo se ha estudiado la correlación posición-momento para pares de fotones generados mediante el fenómeno de conversión paramétrica descendente (SPDC) en un cristal no lineal de tipo-I bombeado por un láser de diodo. En este trabajo presentamos los resultados experimentales del estudio de la influencia de una pantalla de cristal líquido sobre silicio (LCOS) en dichas correlaciones. Para esto se mide la varianza condicional de la posición y el momento de los fotones señal y heraldo, tras incidir sobre el LCOS configurado en distintos niveles de gris.

## FO-41 Metamateriales de luz y sonido

Chafatinos D<sup>1 2 3</sup>, Kuznetsov A<sup>4</sup>, Sesin P<sup>1 2 3</sup>, Apellido N<sup>1 2 5</sup>, Papuccio I<sup>1 2 3</sup>, Reynoso A A<sup>1 2 3</sup>, Bruchhausen A E<sup>1 2 3</sup>, Usaj G<sup>1 2 3</sup>, Biermann K<sup>4</sup>, Santos P V<sup>4</sup>, Fainstein A<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> INN-CONICET

<sup>4</sup> Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, Leibniz-Institut im Forschungsverbund Berlin e.V., Hausvogteiplatz

<sup>5</sup> Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

Las microcavidades (MCs) de (Ga,Al)As son una plataforma ideal para estudiar la física de polaritones, partículas interactuantes resultantes del acoplamiento fuerte entre excitones en pozos cuánticos y fotones confinados.[1] Además, estas cavidades son buenos resonadores mecánicos: confinan fonones acústicos de 20, 60 y 100 GHz.[2] Los polaritones y fonones confinados en el plano de la cavidad pueden ser afectados por potenciales de confinamiento espacial en el rango del  $\mu\text{m}$  en las otras dos dimensiones, a partir de la microestructuración de la MC.[3] Esto permite el estudio e ingeniería de variedad de trampas cero-dimensionales y arreglos de estas trampas que pueden ser ocupadas por un estado macroscópico coherente de ambas partículas bosónicas (similar a un condensado de Bose Einstein). Estos "fluidos cuánticos de luz" han sido intensamente estudiados en los últimos 15 años, donde significativos avances y discusiones en la comprensión de la naturaleza cuántica bosónica han sido reportado tanto experimental como teóricamente: superfluidez, vórtices, dinámica de pseudoespines, modos topológicos, puntos excepcionales, etc. Nuestro grupo se ha desempeñado en investigar la interacción de los fluidos de luz con fonones acústicos en el GHz. La auto-generación coherente de fonones impulsado por un condensado de polaritones ha sido reportada experimentalmente, y explicada teóricamente, evidenciando la fuerte interacción entre ambas especies de partículas.[4,5] Con esta perspectiva introducimos los metamateriales polaromecánicos: arreglos bidimensionales de trampas del tamaño del  $\mu\text{m}$  que confinan fluidos polaritónicos y fonones en el GHz, capaces de interactuar optomecánicamente entre sitios. Cuando perturbamos el arreglo periódico con excitación óptica no resonante, los niveles fundamentales de las trampas responden separándose en energía a múltiplos enteros del cuanto del fonon, evidenciando un comportamiento colectivo de los campos polaritónicos y fonónico.[3] En esta charla presentaré un estudio detallado de este fenómeno en una variedad de arreglos de trampas de polaritones de distinto tamaño y separación, y discutiré un modelo para explicar el "locking" sincrónico observado.

Referencias: [1] Carusotto, I., Ciuti, C. (2013). Quantum fluids of light. *Reviews of Modern Physics*, 85(1), 299. [2] Fainstein, A., Lanzillotti-Kimura, N. D., Jusserand, B., Perrin, B. (2013). Strong optical-mechanical coupling in a vertical GaAs/AlAs microcavity for subterahertz phonons and near-infrared light. *Physical Review Letters*, 110(3), 037403. [3] Chafatinos, D. L., Kuznetsov, A. S., Sesin, P., Papuccio, I., Reynoso, A. A., Bruchhausen, A. E., ... Fainstein, A. (2021). Metamaterials of Fluids of Light and Sound. arXiv preprint arXiv:2112.00458. [4] Chafatinos, D. L., Kuznetsov, A. S., Anguiano, S., Bruchhausen, A. E., Reynoso, A. A., Biermann, K., ... Fain-

tein, A. (2020). Polariton-driven phonon laser. *Nature Communications*, 11(1), 1-8.  
 [5] Reynoso, A. A., Usaj, G., Chafatinos, D. L., Mangussi, F., Bruchhausen, A. E., Kuznetsov, A. S., ... Fainstein, A. (2022). Optomechanical parametric oscillation of a quantum light-fluid lattice. *Physical Review B*, 105(19), 195310.

## FO-42 Microscopía holográfica digital aplicada al estudio de procesos micro-fluidicos en materiales nano-porosos

Martínez M F<sup>1 2 3</sup>, Monaldi A C<sup>3 1 2</sup>, Sallese M<sup>4</sup>, Guzmán J A<sup>5</sup>, Budini N<sup>6 7</sup>, Urteaga R<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Óptica Láser, Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (UNSa-CONICET)

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de Salta

<sup>4</sup> Laboratorio de Optoelectrónica y Metrología Aplicada, Facultad Regional Delta, Universidad Tecnológica Nacional.

<sup>5</sup> Facultad de Ciencias Exactas - CIUNSa - Universidad Nacional de Salta

<sup>6</sup> Grupo Santafesino de Microfluidica (GSaM) IFIS Litoral (UNL-CONICET), Santa Fe, Argentina

<sup>7</sup> Dpto. de Física, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral

Muchas aplicaciones tecnológicas recientes involucran la presencia y el control de fluidos altamente confinados en espacios geoméricamente pequeños lo cual conforma un área de estudio dentro de la micro-fluidica o nano-fluidica. El interés reside en que las pequeñas escalas brindan grandes ventajas respecto a los procesos a macro escala: rapidez, portabilidad, alta resolución, mayor sensibilidad, etc. Un proceso microfluidico involucra el comportamiento de un fluido confinado en un entorno pequeño, limitado. A partir de su estudio, es posible conocer la dinámica del fluido, así como también, características morfológicas del entorno mencionado [1]. En particular, en este trabajo se estudia el proceso de secado de una gota de alcohol isobutilico colocada sobre la superficie de una membrana nano-porosa de silicio. La presencia del fluido dentro de la membrana genera variaciones en el camino óptico de la luz que la atraviesa, a medida que la gota se evapora. Estas variaciones se estudian mediante microscopía holográfica digital, una técnica interferométrica no invasiva que permite realizar un estudio detallado del proceso. Así, a partir del procesamiento de hologramas digitales que se registran conforme evoluciona el proceso, se tiene acceso a información cuantitativa de fase, relacionada con las variaciones de índice de refracción y espesor en el interior de la membrana. Al analizar hologramas sucesivos, se puede identificar una zona claramente definida que da cuenta de la retracción de la gota en la muestra, a medida que se evapora y de la fracción de llenado de los poros en función de la posición. Estos

resultados representan un avance para la caracterización de la membrana, así como una alternativa para el estudio experimental del comportamiento fluido-dinámico a esa escala.

[1] Huber, P. (2015). Soft matter in hard confinement: phase transition thermodynamics, structure, texture, diffusion and flow in nanoporous media. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 27(10), 103102.

## FO-43 **Microscopio de fluorescencia para incubadora**

Colmegna O<sup>1</sup>, Cullen J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

Desarrollo de un microscopio de fluorescencia, de pequeñas dimensiones, que sea apropiado para soportar las condiciones de humedad y temperatura de una incubadora y que permita así realizar monitoreos de cultivos biológicos in vivo.

## FO-44 **Modelado y diseño de un cristal foxónico poroso como sensor de mezcla de gases**

Forzani L<sup>1</sup>, Mendez C G<sup>1</sup>, Urteaga R<sup>2</sup>, Huespe A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Centro de Investigación de Métodos Computacionales*

<sup>2</sup> *Instituto de Física del Litoral (UNL-CONICET)*

Los cristales foxónicos permiten acoplar la respuesta óptica de un cristal fotónico con la respuesta acústica de un cristal fonónico. A partir de microcavidades de silicio poroso pueden construirse cristales foxónicos con respuesta opto-acústica acoplada [1]. Por medio de este acople, es posible obtener la respuesta del dispositivo tanto mecánica como óptica utilizando sólo mediciones ópticas. La naturaleza porosa del material, que conecta cada capa de la estructura con el ambiente y la gran área superficial del silicio poroso, hacen de estas estructuras plataformas adecuadas para la detección de cambios en el entorno. Al ingresar en los poros una determinada mezcla de gases varía el índice de refracción y la densidad efectiva del sistema. Lo novedoso de nuestra propuesta es el diseño del dispositivo y la respuesta opto-acústica acoplada que permite medir experimentalmente a través de técnicas de detección óptica la respuesta a una onda acústica aplicada sobre el dispositivo. La onda acústica produce una deformación mecánica que en condiciones de resonancia se maximiza en el centro de la cavidad óptica de manera que la respuesta óptica es sensible a esta deformación. Este acople permite determinar las propiedades ópticas y acústicas del medio efectivo. En este trabajo presentamos el modelado de estructuras foxónicas y su desempeño como sensor frente a diferentes gases presentes en el entorno. Las propiedades efectivas son calculadas utilizando reglas de mezclas, y las respuestas ópticas y acústicas

a través del método de matrices de transferencia. Se buscó la mejor combinación de parámetros en ambas cavidades para obtener una estructura con el mayor factor Q y la máxima deformación acústica en el centro de la cavidad óptica. Se presenta un diseño que permite determinar al mismo tiempo las propiedades acústicas y ópticas del medio, lo que permite discriminar en condiciones adecuadas la presencia de una mezcla binaria de gases.

[1] Forzani, L., Mendez, C. G., Urteaga, R., Huespe, A. E., *Sensors and Actuators A: Physical* 331 (2021) 112915

## FO-45 **Optica adaptativa para nanoscopias STED y RASTMIN**

Edorna F<sup>1</sup>, Stefani F<sup>1</sup>, Apellido N

<sup>1</sup> *Centro de Investigaciones en Bionanociencias (CIBION)*

Las nanoscopías de fluorescencia (Premio Nobel de Química 2014)[1] aprovechan el control fotoquímico o fotofísico de moléculas fluorescentes para hacer posible la visualización con resolución espacial más allá del límite de difracción[2]. Estas metodologías no presentan un límite fundamental en la resolución que pueden alcanzar, el límite es práctico, tecnológico. Las nanoscopías de fluorescencia STED[1] y RASTMIN[3], si bien se basan en principios de funcionamiento diferentes, ambas requieren de iluminar la muestra con patrones de luz bien definidos, que incluyen mínimos (idealmente ceros) de intensidad obtenidos por interferencia destructiva. Debido al alto nivel de resolución alcanzado, no sólo son relevantes las aberraciones que produce el espécimen, especialmente a medida que aumenta el espesor, sino también las aberraciones del instrumental. La óptica adaptativa es la manera más eficiente de corregir aberraciones de manera dinámica y permitir que un nanoscopio de fluorescencia alcance su poder nominal.

En el campo de la astronomía, a partir de la década de 1950 se comenzó a desarrollar el concepto de óptica adaptativa, que consiste en compensar las variaciones de fase introducidas por la atmósfera de modo de obtener una imagen sin distorsiones. Los avances en computación a partir de 1990 hicieron que la óptica adaptativa fuese practicable. Más recientemente, se comenzó a aplicar óptica adaptativa en microscopía óptica, en particular para inspeccionar especímenes biológicos que presentan naturalmente variaciones de índice de refracción[4]. El enfoque a aplicar consiste en tomar mediciones de la PSF (point-spread function) del microscopio, ya sea en la excitación o en la detección, y se corrige el camino correspondiente aplicando una máscara de fase que compense las distorsiones incorporadas por la muestra. Se evalúa el frente de ondas y el tipo de aberración presente en términos de polinomios de Zernike para compensar las mismas[5]. En el caso de nanoscopías de barrido como STED,

las aberraciones son más relevantes en la iluminación, ya que en estos métodos la ubicación de los fluoróforos se realiza mediante una iluminación espacialmente modulada. Existen reportes de mejoras de STED usando óptica adaptativa para compensar aberraciones tanto en el haz de excitación como en el de depleción[6]. En el caso de RASTMIN al ser una técnica más reciente, no existen antecedentes del uso de óptica adaptativa.

La modulación controlada del frente de onda del haz óptico tiene muchas aplicaciones, como pueden ser en óptica adaptativa, procesamiento óptico de datos o en holografía. Para las aplicaciones en nanoscopía de fluorescencia, lo esencial es la modulación de fase para obtener focos de luz estructurados o para corregir aberraciones producidas en la muestra. Para su realización se utiliza un modulador espacial de luz que es un dispositivo que permite modificar la intensidad y/o la fase del campo eléctrico de un haz óptico en distintas posiciones transversales del haz. En los moduladores basados en cristales líquidos (Spatial Light Modulator, SLM)[7] cada píxel consiste en una celda de cristal líquido que puede alinearse mecánicamente con la aplicación de voltaje, aprovechando sus propiedades de anisotropía óptica, lo que hace que sean birrefringentes. Esta inclinación cambia el índice de refracción de las moléculas lo que provoca una longitud de trayectoria óptica modificada.

#### Referencias

- [1]Hell, S. W. Nanoscopy with Focused Light (Nobel Lecture). *Angew. Chemie Int. Ed.* 54, 805478066 (2015).
- [2]Hell, S. W. Microscopy and its focal switch. *Nat. Methods* 6, 24732 (2009).
- [3]Masullo et al. ?An alternative to MINIFLUX that enables nanometer resolution in a confocal microscope?. *Light: Science Applications* 11 (2022) 199.
- [4]Adaptive Optics for Biological Imaging. (CRC Press, 2013). doi:10.1201/b14898-11.
- [5]William C. Sweatt. Reduction of Zernike wavefront errors using a micromirror array. *Optical Engineering* 44(9), 098001 (1 September 2005). <https://doi.org/10.1117/1.2048367>.
- [6]Patton, B. R. et al. Three-dimensional STED microscopy of aberrating tissue using dual adaptive optics. *Opt. Express* 24, 8862 (2016).
- [7]Schad, Martin. Liquid crystal materials and liquid crystal displays. *Annu. Rev. Mater. Sci.* 1997. 27:305779.

## FO-46 Optimización de la birrefringencia fotoinducida en mezclas de azopolímeros y etilenglicol

Révora C<sup>1</sup>, Volonnino G F<sup>1</sup>, Tambosco F L<sup>2</sup>, Goyanes S<sup>3</sup>, Ledesma S<sup>2</sup>, Capeluto M G<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de Licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Laboratorio de Óptica y Fotónica. Depto. de Física. FCEyN. UBA

<sup>3</sup> Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, Dep. de Física. IFIBA-CONICET. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Los polímeros con contenido de azobencenos (azopolímeros) poseen propiedades fotoinducidas originadas en la fotoisomerización de las moléculas de azobenceno. Esto es, un proceso reversible que ocurre al absorber fotones de una longitud de onda adecuada, en el que la molécula realiza transiciones conformacionales entre dos estados conocidos como *cis* y *trans*. Cuando se ilumina al material con luz polarizada, la isomerización foto-selectiva conduce a que, luego de realizar sucesivas transiciones, el momento dipolar de transición de las moléculas se oriente perpendicularmente a la polarización de la luz. Este efecto, macroscópicamente, se observa como anisotropía inducida ópticamente (birrefringencia). Este proceso ha demostrado ser útil para aplicaciones en almacenamiento de memoria óptica reversible [1,2].

Los azobencenos requieren de cierto volumen libre para poder fotoisomerizar. Una forma de modificar el volumen libre es introducir en el azopolímeros moléculas que funcionen como espaciadoras de las cadenas poliméricas. En este trabajo se propone estudiar la birrefringencia fotoinducida en muestras compuestas por el azopolímero PAZO (poly[1-[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo) benzenesulfonamido]-1, 2-ethanediyl, sodium salt) y un plastificante (etilenglicol). Con dicho objetivo, se diseñaron protocolos para generar muestras homogéneas y se midieron los procesos de grabado, relajación y borrado del material. Esto se realizó para muestras de diferentes porcentajes peso en peso de PAZO y etilenglicol. A partir de dichas mediciones, se estudió si la birrefringencia es optimizada para una determinada concentración de etilenglicol. Además, se desarrolló un modelo estocástico con el objetivo de comparar y estudiar los resultados obtenidos experimentalmente. En este modelo se tienen en cuenta las probabilidades de fotoisomerización y de difusión rotacional, para determinar la orientación de cada molécula [3].

[1] R. Falcione, M. V. Roldan, N. Pellegrini, S. Goyanes, S. Ledesma, M.G. Capeluto. 'Increase of SRG modulation depth in azopolymers-nanoparticles hybrid materials', *Opt. Mater* 115 (2021) 111015.

[2] M. G. Capeluto, R. Falcione, R. Fernandez Salvador, A. Eceiza, S. Goyanes, S. A. Ledesma. 'Functional surfaces through the creation of adhesion and charged patterns on azopolymer surface relief gratings'. *Opt. Mater* 90 (2019) 281-288.

[3] F. L. Tambosco. 'Modelado de las propiedades ópticas fotoinducidas en materiales híbridos compuestos por azopolímeros y nanopartículas metálicas'. Tesis de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, 2021.

## FO-47 Optimización de la birrefringencia fotoinducida en mezclas de azopolímeros y etilenglicol

Révora C<sup>1</sup>, Volonnino G F<sup>1</sup>, Tambosco F L<sup>2, 3</sup>, Goyanes S<sup>4</sup>, Ledesma S<sup>2, 3</sup>, Capeluto M G<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> *Estudiante de Licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Laboratorio de Óptica y Fotónica. Depto. de Física. FCEyN. UBA*

<sup>3</sup> *CONICET*

<sup>4</sup> *Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, Dep. de Física. IFIBA-CONICET. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.*

Los polímeros con contenido de azobencenos (azopolímeros) poseen propiedades fotoinducidas originadas en la fotoisomerización de las moléculas de azobenceno. Esto es, un proceso reversible que ocurre al absorber fotones de una longitud de onda adecuada, en el que la molécula realiza transiciones conformacionales entre dos estados conocidos como *cis* y *trans*. Cuando se ilumina al material con luz polarizada, la isomerización foto-selectiva conduce a que, luego de realizar sucesivas transiciones, el momento dipolar de transición de las moléculas se oriente perpendicularmente a la polarización de la luz. Este efecto, macroscópicamente, se observa como anisotropía inducida ópticamente (birrefringencia). Este proceso ha demostrado ser útil para aplicaciones en almacenamiento de memoria óptica reversible [1,2].

Los azobencenos requieren de cierto volumen libre para poder fotoisomerizar. Una forma de modificar el volumen libre es introducir en el azopolímeros moléculas que funcionen como espaciadoras de las cadenas poliméricas. En este trabajo se propone estudiar la birrefringencia fotoinducida en muestras compuestas por el azopolímero PAZO (poly[1 -[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo) benzenesulfonamido]-1, 2-ethanediyl, sodium salt) y un plastificante (etilenglicol). Con dicho objetivo, se diseñaron protocolos para generar muestras homogéneas y se midieron los procesos de grabado, relajación y borrado del material. Esto se realizó para muestras de diferentes porcentajes peso en peso de PAZO y etilenglicol. A partir de dichas mediciones, se estudió si la birrefringencia es optimizada para una determinada concentración de etilenglicol. Además, se desarrolló un modelo estocástico con el objetivo de comparar y estudiar los resultados obtenidos experimentalmente. En este modelo se tienen en cuenta las probabilidades de fotoisomerización y de difusión rotacional, para determinar la orientación de cada molécula [3].

[1] R. Falcione, M. V. Roldan, N. Pellegrini, S. Goyanes, S. Ledesma, M.G. Capeluto, 'Increase of SRG modulation depth in azopolymers-nanoparticles hybrid materials', *Opt. Mater* 115 (2021) 111015.

[2] M. G. Capeluto, R. Falcione, R. Fernandez Salvador, A. Eceiza, S. Goyanes, S. A. Ledesma 'Functional surfaces through the creation of adhesion and charged patterns on azopolymer surface relief gratings'. *Opt. Mater* 90 (2019) 281-288.

[3] F. L. Tambosco, 'Modelado de las propiedades ópticas fotoinducidas en materiales híbridos compuestos por azopolímeros y nanopartículas metálicas', Tesis de licencia-

tura, Universidad de Buenos Aires. 2021.

## FO-48 Optimización de la técnica Laser-Induced Break-down Spectroscopy aplicada a la cuantificación de componentes de aleaciones metálicas.

DAngelo C A<sup>1 2 3</sup>, Falagán C<sup>3</sup>, Bayala M P<sup>1 4 3</sup>, Martino L<sup>1 4 3</sup>, Pereyra M<sup>3 1</sup>, Fornaro O<sup>3 4 5</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina

<sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Calle 526 entre 10 y 11, 1900 La Plata, Argentina

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

<sup>4</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Godoy Cruz 2290, Buenos Aires, Argentina

<sup>5</sup> Instituto de Física de Materiales Tandil, CIFICEN (CONICET-UNCPBA), Pinto 399, B7000GHG Tandil, Argentina

En el estudio de la espectroscopia de plasmas producidos por láser (LIBS, por sus siglas en inglés) aplicado sobre aleaciones metálicas, frecuentemente se observa un alto grado de absorción e inhomogeneidad en todo el volumen del plasma. De esta manera, no es posible implementar la técnica LIBS para la cuantificación de sus componentes mayoritarios en forma directa, mediante las tradicionales curvas de calibración. Para la cuantificación de elementos atómicos en forma simple, las intensidades de las líneas de emisión deben ajustarse a un modelo de plasma delgado (muy baja absorción). Esto es algo muy difícil de observar en este tipo de plasma, producidos sobre muestras con elementos mayoritarios y a presión atmosférica.

En este trabajo, se presenta una optimización de la aplicación de la técnica LIBS con una configuración experimental muy compacta y de relativo bajo costo, orientada a la cuantificación de componentes en aleaciones metálicas. Específicamente, se reportan los resultados de un estudio sobre aleaciones de ZnAl y AlCu con porcentajes de composiciones bien conocidos. En el esquema experimental, se optó por un conjunto compuesto por un láser de Nd:YAG con energía controlable entre 3 y 50 mJ, un monocromador Czerny Turner de resolución media (0.01 nm) y un sensor formado por un arreglo de fotodiodos de Si sin discriminación temporal. Esta configuración experimental fue seleccionada por ser muy simple y compacta, debido a que se pretende avanzar en un esquema de cuantificación de componentes de aleación por LIBS, siguiendo una opción altamente simplificada y con resultados relativamente directos. Los registros de líneas se hicieron en diferentes zonas del espectro, en rangos de 50 nm. Por otro lado, se implementaron distintas energías de fluencia para la formación

del plasma y además, se observaron diferentes zonas del mismo mediante un arreglo óptico montado en el plano imagen, en la entrada del monocromador. Para cada caso, se hizo un análisis muy riguroso de relaciones con los parámetros típicos de las principales líneas de los elementos neutros e ionizados, ajustando a un modelo de plasmas absorbido y homogéneo. De este modo, se estudió el parámetro de ajuste correspondiente al espesor óptico ( $\kappa L$ ) para cada situación en particular. Con todo esto, se logró establecer que las intensidades de las líneas de emisión tienden a ajustar al modelo de plasma delgado, a medida que disminuye la energía de fluencia, al mismo tiempo que se observa una menor absorción en zonas más periférica del plasma.

En resumen, es posible concluir que existe un potencial muy grande en la aplicación de la técnica LIBS para la cuantificación de componentes mayoritarios, con una configuración de bajo costo y con cálculos relativamente simples y directos.

Palabras claves: Espectroscopía, plasma, LIBS, aleaciones.

Referencias

1 D. Cremers, L. Radziemski. Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. John Wiley Sons Ltd (2006). Capítulos 2 y 6.

2 C. D'Angelo, D. Díaz Pace, G. Bertuccelli, D. Bertuccelli. Laser induced breakdown spectroscopy on metallic alloys: Solving inhomogeneous optically thick plasmas. Spectrochimica Acta Part B 63 (2008) 367-374.

## FO-49 **p-MINFLUX: NANOSCOPÍA de FLUORESCENCIA MINFLUX PULSADA**

Choque F D<sup>1 2</sup>, Lopez L F<sup>1</sup>, Stefani F D<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Bionanociencias (CIBION))

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

Las nanoscopías de fluorescencia permiten la visualización óptica con resolución espacial más allá del límite de difracción a partir del aprovechamiento del control fotoquímico o fotofísico de moléculas fluorescentes. La problemática principal de los métodos existentes es que se ven limitados por el número total de fotones de fluorescencia que una molécula puede entregar antes de tornarse no-fluorescente. En este punto se halla la principal fortaleza de la nanoscopía de fluorescencia MINFLUX que a partir de un mínimo número de fotones permite alcanzar el máximo nivel de resolución espacial físicamente posible para una técnica de fluorescencia, 1 nm (el tamaño molecular de los marcadores). MINFLUX permitió observar dominios de asociación topológica que regulan la transcripción de ADN con nanoscopía de fluorescencia. Por su parte, p-MINFLUX es una nueva implementación de MINFLUX 2D con un arreglo experimental que además de mostrar un buen desempeño, tiene la ventaja de ser más simple que el original ya que utiliza láseres pulsados permitiendo que para alcanzar la

máxima velocidad de adquisición, especialmente útil para seguimiento ultrarápido de nanopartículas. Recientemente, la configuración original de MINFLUX fue extendida a 3D, obteniendo resolución nanométrica en las tres dimensiones, a costas de una complejidad instrumental muy elevada. Con miras a desarrollar p-MINFLUX en 3D, para lograr superar la barrera de los 10 nm también en el eje axial y con el fin de observar la organización supramolecular de proteínas estructurales se presentan resultados preliminares del desempeño de p-MINFLUX en 2D.

### FO-50 Preparación y detección de estados time-bin para comunicaciones cuánticas en 1550 nm

Morales J<sup>1 2</sup>, Aparicio G<sup>1 3</sup>, Larotonda M A<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CITEDEF) - UNIDEF - CONICET*

<sup>2</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>3</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

Se presenta el desarrollo de un sistema optoelectrónico capaz de generar estados cuánticos, o símbolos, como pulsos ópticos coherentes de muy baja intensidad sobre un canal de fibra óptica monomodo estándar. Con estos patrones de luz tenue, los estados cuánticos son codificados en el grado de libertad de time-bin, o modo temporal discreto, logrando una separación mínima entre pulsos de 625 ps. La codificación de símbolos se puede realizar en amplitud en forma directa, modificando el patrón de pulsos generados símbolo a símbolo, o en fase con la inclusión de un modulador de fase adicional. Particularmente, se presenta un ensayo de codificación de estados en amplitud, en el que se generan símbolos a una tasa de repetición de aproximadamente  $9.5 \times 10^5$  símbolos por segundo, con una separación entre pulsos de 2.2 ns. Estos estados luego fueron detectados utilizando un interferómetro de Mach Zehnder desbalanceado y estabilizado en forma activa, y un módulo de conteo de fotones conectado a un time-tagger.

### FO-51 PROCESAMIENTO DE IMAGENES EN TIEMPO REAL PARA MEDIR VELOCIDAD DE VIENTO MEDIANTE CENTELLEO DE LUZ

Luna M F<sup>1</sup>, Quiroga J<sup>2</sup>, Oliva R<sup>2</sup>, Salvador J<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Centro de Investigaciones y Transferencia Santa Cruz CONICET*

<sup>2</sup> *Instituto de Tecnología Aplicada, Sede Unidad Académica Río Gallegos, Universidad Nacional de la Patagonia Austral*

En los últimos años, las energías renovables han cobrado mayor importancia y han incrementado significativamente su aporte a la generación de energía eléctrica en el país. Alrededor del 80 % del aporte de estas energías renovables proviene de la energía eólica. La normativa IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) incorporó desde 2017 el uso de mediciones activas remotas, incluyendo así los principios ópticos adaptados a la medición de viento [1].

Cuando un haz de luz se propaga a través de la atmósfera, se ve afectado por las fluctuaciones del índice de refracción a lo largo del camino óptico [2]. Basado en este fenómeno se presenta el principio de funcionamiento para medir la componente transversal del viento a partir del desplazamiento del patrón de centelleo que produce una fuente de luz LED y un detector de imágenes instalados a una distancia conocida [3].

El trabajo tiene un objetivo inicial y se centra en describir el algoritmo, el análisis y procesamiento de imágenes digitales en el receptor para detectar y seguir en el tiempo las variaciones de los centelleos sobre el sensor. Se utiliza una cámara Raspberry Pi NoIR V2.1 - 8MP con un sensor Sony IMX 219 conectada a una Single Board Computer del proyecto Raspberry Pi, modelo 4B. Los datos crudos del sensor de imágenes son pre-procesados y enviados a una PC para su tratamiento en tiempo real vía rutinas de Python. A partir de la secuencia de imágenes individuales, se calculan series de tiempo de coordenadas centroides horizontales y verticales para cada una de las luces empleadas. Las coordenadas del centroide de los LED se utilizan posteriormente para estimar la velocidad del viento [4].

[1] F. Luna, J.Salvador, R.Oliva, J.Quiroga, "Principios Ópticos para la Medición Remota Activa del Recurso Eólico en Patagonia Austral, Argentina", XVII TOPFOT - Óptica y Fotónica Aplicadas al Ambiente y la Salud, 2022.

[2] Y. Cheon, V. Hohreiter, M. Behn, and A. Muschinski, "Angle-of-arrival anemometry by means of a large-aperture Schmidt-Cassegrain telescope equipped with a CCD camera", J. Opt. Soc. Am. A, vol. 24, pp. 3478-3492, 2007.

[3] R. S. Lawrence, G. R. Ochs, and S. F. Clifford, "Use of scintillations to measure average wind across a light beam", Appl. Opt., vol. 11, pp. 239-243, 1972.

[4] S. Tichkule and A. Muschinski, "Optical anemometry based on the temporal cross-correlation of angle-of-arrival fluctuations obtained from spatially separated LEDs", Appl. Opt., accepted for publication, 2012.

## **FO-52 Radiador dipolo en una cavidad: un análogo en microondas para la modificación de la tasa de emisión atómica espontánea entre espejos**

Antiba C<sup>1</sup>, Welti R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Experimentación Innovativa e Instrumental

Se presentan los resultados de un experimento simple que estudia la potencia de radiación de una antena dipolo de microondas dentro de una cavidad de espejos paralelos. La potencia emitida por el dipolo en función del espaciado de los espejos concuerda bien con los resultados que se obtienen en el rango de radio frecuencia para una antena dipolo que irradia entre dos placas conductoras, cuya distancia se puede variar [1]. En la emisión predicha teórica y experimentalmente se observan supresiones y realces. En particular, la extinción de la emisión cuando la distancia entre los espejos es menor que media longitud de onda es claramente evidente, y las mejoras antinodales también son apreciables. Este trabajo es de interés pedagógico en el sentido de que es un simple bosquejo de varios experimentos de la electrodinámica cuántica [2,3] que investigan el cambio de las tasas de emisión atómica espontánea en el interior de resonadores de muy pequeña dimensión. [1] Fred B. Seeley, Joseph E. Alexander, Robert W. Connatser, and Jeanette S. Conway, Dipole radiators in a cavity: A radio frequency analog for the modification of atomic spontaneous emission rates between mirrors, *American Journal of Physics* 61, 545 (1993); [2] Jonathan P. Dowling, Spontaneous emission in cavities: How much more classical can you get? *Foundations of Physics* 23, 895-905 (1993) [3] S. C. Skipsey, M. Al-Amri, M. Babiker, and G. Juzeliunas, Controllable spontaneous decay at material wedges, *Phys. Rev. A* 73, 011803(R), 19 January 2006

## FO-53 **RADIOTELESCOPIO LLAMA. PROPUESTA PARA GENERAR Y DISTRIBUIR SEÑALES DE REFERENCIA PARA EL FRONT-END DE ONDAS MILIMÉTRICAS MEDIANTE TECNOLOGÍA FOTÓNICA.**

Zoireff G<sup>1</sup>, Bulus Rossini L A<sup>1</sup>, Cogo J<sup>2</sup>, Pascual J P<sup>1</sup>, Costanzo Caso P A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Investigación Aplicada en Telecomunicaciones (LIAT), CNEA. Instituto Balseiro (CNEA-UNCuyo). CONICET CCT Patagonia Norte*

<sup>2</sup> *Universidad Nacional de Rio Negro*

El Proyecto LLAMA (Large Latin American Millimeter Array) es un emprendimiento conjunto entre Argentina y Brasil destinado a la instalación, operación y mantenimiento de un radiotelescopio en la provincia de Salta a más de 4800 m de altura sobre el nivel del mar. El radiotelescopio LLAMA operará en el rango de frecuencia de 35 a 950 GHz separado en 10 bandas o canales. Para el experimento de primera luz y en una primera etapa, el radiotelescopio operará con los canales 5, 6 y 9, correspondientes a las frecuencias 163-211 GHz; 211-275 GHz; y 602-720 GHz, respectivamente.

El instrumento se compone de los siguientes subsistemas: la antena parabólica de 12

m de diámetro y una precisión de 25  $\mu\text{m}$ ; el subsistema óptico NACOS cuyo objetivo es redireccionar y enfocar las señales electromagnéticas provenientes de la antena, en los respectivos receptores a ser ubicados en las cabinas denominadas Nasmyth A y B. Los receptores (o cartuchos), uno por cada canal, se componen del cabezal o Front-End de radiofrecuencia y del Back-End. El primero, se encarga de convertir la señal de entrada de radiofrecuencia a una frecuencia intermedia (FI) menor. Mientras que el segundo, se encarga de trasladar las señales de FI a banda base, digitalización, procesamiento y posterior análisis de las mismas.

En este trabajo se propone y analiza el desempeño de una solución fotónica para generar y distribuir las señales de referencia para el Fron-End. La generación se basa en un modulador electroóptico IQ de niobato de litio, el cual está compuesto de tres moduladores Mach-Zehnder (MZM). Los MZM son polarizados en la zona no lineal de operación para generar armónicos específicos. Estos armónicos constituyen las bandas laterales superior e inferior a decenas de gigahertz de la portadora óptica, cuya diferencia de frecuencia corresponde a la señal de onda milimétrica que se desea generar. La distribución de las señales a los respectivos receptores o cartuchos se implementa mediante fibra óptica y finalmente, la conversión al dominio eléctrico se realiza con fotodetectores de gran ancho de banda.

## FO-54 REDES DE BRAGG COMO SENSORES DE TEMPERATURA EN ENTORNOS CON RADIACIÓN GAMMA

Suica J<sup>1</sup>, Longhino J<sup>2</sup>, Morbidel L<sup>1</sup>, Bulus Rossini L A<sup>1</sup>, Cruz J L<sup>3</sup>, Andrés M V<sup>3</sup>, Costanzo Caso P A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Investigación Aplicada en Telecomunicaciones (LIAT), CNEA. Instituto Balseiro (CNEA-UNCuyo). CONICET CCT Patagonia Norte

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Universidad de Valencia- España

Las redes de Bragg en fibra óptica (Fiber Bragg Gratings o FBG) están siendo estudiadas desde hace varias décadas debido a sus ventajas frente a sensores electrónicos convencionales en entornos hostiles. Su resistencia a la radiación ionizante, reducidas dimensiones, inmunidad a la interferencia electromagnética y la facilidad para multiplexar varias FBG en una misma fibra, la convierten en una buena candidata para aplicaciones en entornos con radiación ionizante como en reactores nucleares, espacio exterior e instalaciones de física de alta energía.

En este trabajo se reporta la respuesta de sensores de temperatura basados en redes de Bragg de período corto (FBG) irradiados a diferentes niveles de radiación en un reactor nuclear. Dos FBGs fabricadas una con fibra estándar y la otra con fibra con altas concentraciones de hidrógeno fueron irradiadas con tasas de dosis en el rango de

20Gy/h a 9.3kGy y dosis acumulada de hasta 111.8kGy. Durante la irradiación a altas tasas de dosis se midió un desplazamiento inducido por radiación máximo de 28pm, luego de lo cual, ambas FBG mostraron un comportamiento de saturación. Después de saturarse, ambas FBG fueron usadas como sensores de temperatura en el núcleo del reactor argentino RA6 para medir variaciones de hasta 9.1°C con un error máximo de 0.3°C.

## FO-55 Reloj atómico de rubidio basado en atrapamiento coherente de población e interrogación láser

Luda M<sup>1</sup>, Codnia J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CITEDEF) - UNIDEF - CO-NICET*

En los últimos años se incrementó la demanda de relojes o patrones de frecuencia portables y compactos para uso en sistemas de comunicaciones, GPS o sistemas de medición de otras magnitudes. Entre los candidatos a resolver ese requerimiento tecnológico están los relojes atómicos miniaturizables. Estos consisten en celdas de algún gas atómico con una transición electrónica de referencia que es controlada y sensada mediante métodos puramente ópticos. Al prescindir de una cavidad de microondas se pueden montar dispositivos cuyo tamaño depende únicamente del volumen de la celda, el diodo láser y la microelectrónica de control.

En este trabajo se presenta una prueba de concepto de reloj atómico de rubidio que utiliza como frecuencia de referencia la separación hiperfina del estado fundamental del <sup>87</sup>Rb. Para sensarla se utilizó un esquema  $\Lambda$  de interacción coherente con dos frecuencias ópticas del láser que sintonizan las transiciones hiperfinas de la línea D<sub>1</sub> (  $5^2S_{1/2} \rightarrow 5^2P_{1/2}$  ) con  $F=1 \rightarrow 1$  y  $F=1 \rightarrow 2$ . Cuando ambas transiciones son resonantes se produce un pico de transparencia inducida por atrapamiento coherente de población (CPT) [1], un fenómeno de interferencia cuántica en el que el estado electrónico generado queda desacoplado del nivel excitado y el átomo deja de absorber luz. Ese pico es sensado mediante una medición de tipo lock-in y es utilizado para estabilizar la frecuencia de un oscilador de cristal sintonizable controlado por un sistema de instrumentación FPGA [2].

En el trabajo se exponen [3]:

- El diseño del láser tipo VCSEL con modulación RF de 3,4 GHz para producir un haz policromático con dos bandas laterales cuya separación en frecuencia sea la misma que la del desdoblamiento hiperfino del <sup>87</sup>Rb.
- El montaje óptico para espectroscopía láser de una celda de rubidio con abundancia isotópica natural

- La espectroscopía de absorción de la celda para el haz láser policromático, identificando el pico correspondiente a las transiciones deseadas.
- La medición del espectro CPT para distintos desdoblamientos Zeeman y la identificación del pico más adecuado para su uso como referencia metrológica.

Mediante dos lazos de control realimentado (uno para la corriente del láser, que controla la longitud de onda de emisión, y otro para la frecuencia del cristal, que controla la separación de las bandas laterales del láser) se pudo operar el sistema para amarrar la frecuencia del cristal a la de la referencia atómica. Se pudo medir una estabilidad de  $5 \cdot 10^{-10}$  en frecuencia fraccionaria para intervalos de  $10^4$  segundos, lo que representa una mejora de dos órdenes de magnitud respecto al desempeño del cristal a lazo abierto.

[1] Vishal Shah y John Kitching. *Advances in Coherent Population Trapping for Atomic Clocks*. Vol. 59. C. Elsevier Inc, 2010, págs. 21-74. DOI: 10.1016/S1049-250X(10)59002-5.

[2] Luda, M. A., Drechsler, M., Schmiegelow, C. T. y Codnia, J. (2019). *Compact embedded device for lock-in measurements and experiment active control*. Review of Scientific Instruments, 90(2), 023106. DOI: 10.1063/1.5080345

[3] Luda, M. A. (2021). *Instrumentación y control con aplicaciones en óptica y metrología*. Universidad de Buenos Aires.

## FO-56 Representación compacta de vórtices ópticos generales

Roa P M<sup>1</sup>, Aucar I A<sup>1 2</sup>, Quinteiro Rosen G F<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste, Avda. Libertad 5460, Corrientes, Argentina

<sup>2</sup> Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (UNNE-CONICET), Corrientes, Argentina

Los vórtices ópticos (OVs, por sus siglas en inglés) son campos electromagnéticos con frente de onda helicoidal y singularidades que se deben a una dependencia en la fase ( $e^{i\ell\varphi}$ ), con carga topológica  $\ell$  y ángulo acimutal  $\varphi$ . Estos haces llevan momento angular orbital  $\hbar\ell$  por fotón, además de momento angular de espín asociado a la polarización.

Recientemente, se ha identificado un gran grupo de OV's circularmente polarizados, con campos eléctrico y magnético con diferentes grados de intensidad relativa, parametrizados por un número real  $\gamma$  (ver Ref. [1]). De acuerdo al valor del parámetro  $\gamma$ ,

los campos exhiben diferentes características. Sin embargo, en la literatura es frecuente encontrar expresiones de campos en términos de un vector de polarización general  $\mathbf{e}_{\alpha\beta} = \alpha \mathbf{x} + \beta \mathbf{y}$ , donde  $\alpha$  y  $\beta$  son constantes complejas, y  $\mathbf{x}, \mathbf{y}$  son los vectores unitarios cartesianos.

Motivados por contar con expresiones más generales, en este trabajo presentamos una extensión de los campos electromagnéticos hallados en la Ref. [1] a todos los posibles estados de polarización. Además, mostramos cómo otros OV's hallados en la literatura (Refs. [2]-[6]) pueden ser reescritos como una superposición sencilla de los campos generales aquí hallados. Finalmente, mostramos las características particulares de los diferentes OV's que resultan de las diferentes elecciones de  $\gamma$ .

#### Referencias:

- [1] G. F. Quinteiro, C. T. Schmiegelow, D. E. Reiter, T. Kuhn, *Reexamination of Bessel beam: A generalized scheme to derive optical vortices*, Phys. Rev. A **99**, 023845 (2019).
- [2] J. J. Wang, T. Wriedt, J. A. Lock, L. Mädler, *General description of circularly symmetric Bessel beams of arbitrary order*, J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. **184**, 218 (2016).
- [3] M. Ornigotti, A. Aiello, *Radially and azimuthally polarized nonparaxial Bessel beams made simple*, Opt. Express, **21**, 15530 (2013).
- [4] K. Volke-Sepulveda, V. Garcés-Chávez, S. Chávez-Cerda, J. Arlt, K. Dholakia, *Orbital angular momentum of a high order Bessel light beam*, J. Opt. B: Quantum Semiclass. Opt., **4**, S82 (2002).
- [5] S. M Barnett, L. Allen, *Orbital angular momentum and nonparaxial light beams*, Opt. Commun. **110**, 670 (1994).
- [6] K. Y. Bliokh, M. A. Alonso, E. A. Ostrovskaya, A. Aiello, *Angular momenta and spin-orbit interaction of nonparaxial light in free space*, Phys. Rev. A **82**, 063825 (2010).

## FO-57 Respuesta Óptica Anisotrópica en Sistemas Estratificados

Rodríguez L A<sup>1</sup>, Ortiz G P<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - Universidad Nacional del Nordeste*

#### Resumen:

Las cutículas de artrópodos están constituidas por quitina entrelazada que forman estructuras cilíndricas autoensambladas por estratos con una orientación característica según las direcciones de los ejes de esos cilindros. Esta descripción morfológica se verifica en una gran variedad de especies y se han reportado diferentes patrones de esas orientaciones. Unas en las que se repiten en decenas de capas pero con cambios abruptos de 90 grados entre esas pilas de capas y otros de forma gradual definiendo estructuras helicoidales. Analizamos muestras obtenidas de cortes transversales en direcciones arbitrarias sobre la superficie dorsal de dípteros mediante microscopía electrónica de barrido SEM y transmisión TEM. Hemos verificado en todos los casos cutículas estratificadas compatibles con estructuras helicoidales de pasos de hélices variables que se incrementan con la profundidad desde la superficie.

En este trabajo modelamos la respuesta óptica macroscópica considerando la morfología microscópica introducida por la quitina filamentaria. Para cada estrato empleamos Photonic para obtener un tensor dieléctrico anisotrópico. La orientación de los ejes principales de ese tensor según la dirección normal a la superficie de estos estratos es un parámetro del modelo que permite analizar mediante métodos de matriz de transferencia la reflectancia  $R$  de la cutícula.

Obtenemos que  $R$  presenta bandas en la región del espectro visible coincidente con las coloraciones típicas de los dípteros de interés con parámetros de giro entre 10 y 15 grados para estratos compatibles con la estructuras observadas por SEM y TEM.

#### Bibliografía:

- [1] W McCall, Ian J Hodgkinson y Qihong Wu, *Birefringent Thin Films and Polarizing Elements*, 2nd Edition (2015). Imperial College Press.
- [2] Daniel E. Azofeifa, Humberto J. Arguedas, William E. Vargas. *Optical Materials* 35 (2012) 175-183.
- [3] Bernardo S. Mendoza y W. Luis Mochán. *PHYSICAL REVIEW B* 94, 195137 (2016).
- [4] A. Mendoza-Galvan et al, *Optical Materials Express* (2016).
- [5] Arturo Mendoza-Galván, Yuanyuan Li, Xuan Yang, et al. *JVSTB* (2020).
- [6] T. M. Jordan, J. C. Partridge and N. W. Roberts. *Journal of The Royal Society* (2014).
- [7] I. E. Carter et al, *The Royal Society Publishing* (2018).
- [7] PochiYeh, *JOSA* 69 74 (1978).
- [8] PochiYeh, *JOSA* 67 423 (1976).
- [9] Cristian Brosseau. *Fundamentals of Polarized Light. A statistical Optics Approach*.

John Wiley Sons, inc. (1998).

[10] AC Neville, *Biology of the Arthropod Cuticle*. Zoophysiology and Ecology 4/5. Springer Verlag. 1st. edition (1975).

## FO-58 Súper-resolución de proteínas de membrana en *Trypanosoma cruzi*

Escalante G<sup>1 2</sup>, Mucci J<sup>3</sup>, Lopez L F<sup>1</sup>, Parada-Puig R<sup>3</sup>, Campetella O<sup>3</sup>, Stefani F D<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Bionanociencias

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Biotecnológicas (IIB-Intech), Universidad de San Martín

El *Trypanosoma cruzi* (*T. cruzi*) es el parásito responsable de la enfermedad de Chagas, una afección endémica y de alto impacto en Latinoamérica. Dicha patología se desarrolla en una primera etapa aguda, luego de la infección original y una segunda etapa crónica, que puede desarrollarse décadas más tarde. A pesar de esta situación epidemiológica, aún no se dispone de vacunas y los fármacos disponibles tienen una eficacia terapéutica poco clara y presentan efectos secundarios adversos [1]. Para establecer una infección persistente, *T. cruzi* debe lograr permanecer fuera del radar del sistema inmunitario de los mamíferos. En consecuencia, este parásito ha desarrollado mecanismos de autoprotección y dispositivos de elusión. Una de las principales estrategias de evasión del sistema inmune es la utilización de ácido siálico. *T. cruzi* es incapaz de sintetizar ácido siálico, por lo que debe capturarlo del caudal sanguíneo del huésped [2]. Para ello cuenta con una enzima específica que se ubica en su membrana, la trans-sialidasa (TS), que es capaz de transferir ácido siálico desde las glicoproteínas del huésped a otras proteínas de membrana del *T. cruzi* capaces de almacenar ácido siálico llamadas mucinas por medio de la TS [3].

En consecuencia, la comprensión de los mecanismos de reclutamiento de ácido siálico por medio de TS puede ser una llave para el diseño de terapias eficientes contra la enfermedad de Chagas. En este contexto, resulta fundamental conocer la distribución espacial de los dominios proteicos de mucinas y TS en la membrana, la cual no puede resolverse por microscopía de fluorescencia tradicional.

En este trabajo, caracterizamos la distribución espacial de las dos proteínas mencionadas mediante microscopía de fluorescencia de súper-resolución [4], empleando la técnica de STORM (*Stochastic Optical Reconstruction Microscopy* [5]) en 2D y 3D. Para ello, se trabajó con parásitos en su forma infectiva - tripomastigote - pretratados con ácido siálico e inmunomarcados. Se logró visualizar dominios de TS y mucinas con una resolución lateral de 20 nm y axial de 50 nm, aproximadamente. Un primer

análisis de lo observado indicaría que mucinas y trans-sialidasas se encuentran formando dominios proteicos segregados en la membrana del parásito.

## REFERENCIAS

- [1] O. Campetella, C. A. Buscaglia, J. Mucci, M. S. Leguizamón, *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Basis of Disease* 1866, 165692 (2020).
- [2] M. E. Giorgi, R. M. de Lederkremer, *Carbohydrate research*, vol. 346, no. 12, pp. 1389-1393 (2011).
- [3] J. Previato, A. F. Andrade, M. C. V. Pessolani, L. Mendonca-Previato, vol. 16, no. 1, pp. 85-96 (1985).
- [4] Lelek, M., Gyparaki, M.T., Beliu, G. et al., *Nat Rev Methods Primers* 1, 39 (2021).
- [5] M. J. Rust, M. Bates, X. Zhuang, *Nature methods*, vol. 3, no. 10, pp. 793-795 (2006).

## FO-59 Termalización óptica obstaculizada por desorden en circuitos fotónicos multimodales no lineales

Ramos A Y<sup>1</sup>, Fernandez-Alcazar L J<sup>1</sup>, Kottos T<sup>2</sup>, Shi C<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (CONICET - Universidad Nacional del Nordeste)*

<sup>2</sup> *Wave Transport in Complex Systems Lab, Department of Physics, Wesleyan University, Middletown, CT-06459, USA*

Las fibras ópticas de muchos modos están recibiendo cada vez más atención principalmente porque las fibras convencionales están experimentando limitaciones en cuanto a la capacidad de transmitir información debido a la creciente demanda. Este interés, a su vez, ha generado una renovada atención en la dinámica de sistemas no lineales de muchos modos, llevando no solo a la oportunidad de observar novedosos fenómenos, como el 'efecto de haz auto limpiante', (*beam self cleaning effect*), sino también a desafíos teóricos asociados a la comprensión de su dinámica colectiva. En este trabajo, nosotros consideramos circuitos fotónicos 1D desordenados, no lineales y multimodales, en donde se analizan las tasas de relajación  $\Gamma$  de excitaciones fuera de equilibrio hacia su distribución térmica de Rayleigh-Jeans (RJ). Para temperaturas ópticas  $T$  por encima de un valor crítico  $T^*$ , hemos desarrollado una teoría de escala universal, independiente de la temperatura y que es controlada por un único parámetro que predice una supresión exponencial de  $\Gamma$  para un desorden creciente. La variable de escala del parámetro que controla la tasa de decaimiento describe la resiliencia de los modos localizados espacialmente para formar grupos de 'localización' frente a las interacciones no lineales, que tienden a disociarlos. Esperamos que nuestros estudios

contribuyan al diseño e ingeniería de sistemas fotónicos de muchos modos para la optimización y/o manipulación del transporte de luz.

## FO-60 Termometría óptica en la microescala mediante nanosondas luminiscentes de tipo Upconversion

Aguilar A<sup>1 2 3</sup>, Martínez E<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)

<sup>3</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

La termometría luminiscente basada en iones trivalentes de lantánidos ( $\text{Ln}^{3+}$ ) se ha convertido en una técnica popular durante la última década debido a su versatilidad, estabilidad, alta eficiencia cuántica de emisión y su amplio rango espectral, cubriendo desde el ultravioleta hasta el infrarrojo [1-2]. Este método permite medir con resoluciones espaciales ( $< 1\mu\text{m}$ ) y temporales ( $< 1\mu\text{s}$ ) que resultan inaccesibles para la termometría convencional, así también con una alta sensibilidad térmica relativa ( $> 1\%K^{-1}$ ) [3]. Por lo que es muy relevante en áreas como microelectrónica, fotónica, microóptica, microfluídica, termoplasmónica en nanoestructuras, recolección de energía solar, nanomedicina, disipación térmica de sistemas biológicos in-vitro, entre otras. En este trabajo se presenta el desarrollo de una plataforma robotizada para termometría óptica que utiliza nanopartículas de  $\text{NaYF}_4$  dopadas con Yb y Er con diámetros entre 10 y 300nm que son sintetizadas en la Sala Limpia perteneciente al Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN) dentro del Centro Atómico de Bariloche. Se muestran los resultados obtenidos para la calibración de estas partículas, su respuesta temporal en ciclos de calentamiento/enfriamiento en comparación a un termómetro externo de referencia, su resolución espacio-temporal en secuencias de barrido y avances en aplicaciones directas de esta plataforma (controlada en forma interactiva con rutinas escritas en Python) para dos sistemas de estudio diferentes, cuyos efectos de disipación térmica resultan novedosos. Una red de nanohilos de plata y una red de células gliales del sistema nervioso in-vitro (astrocitos).

[1] Brites, C. D. S.; Millán, A.; Carlos, L. D. Lanthanides in Luminescent Thermometry. *Handb. Phys.Chem. Rare Earths* **2016**, 49, 339?427.

[2] Nadort, A; Zhao, J; Goldys, E.M. Lanthanide upconversion luminescence at the nanoscale: fundamentals and optical properties. *Royal Society of Chemistry* **2016**, 8, 13099-13130.

[3] Brites, C. D. S.; Balabhadra, S.; Carlos, L. D. Lanthanide-Based Thermometers: At the Cutting-Edge of Luminescence Thermometry. *Adv. Opt. Mater.* **2019**, 7, 1801239.

## FO-61 **Uso de la técnica de Espectroscopía de Plasmas Producidos por Láser para determinar el contenido de carbono en suelos**

Bayala M P<sup>1 2</sup>, Martino L<sup>1 2</sup>, Alonso A<sup>3 4</sup>, Ramos N<sup>4</sup>, Bocchio V<sup>4</sup>, D'Angelo C A<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>, Mestelán S<sup>3 4</sup>, Lencina A<sup>2 3 4</sup>, Pereyra M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Godoy Cruz 2290, Buenos Aires, Argentina

<sup>3</sup> Laboratorio de Análisis de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

<sup>4</sup> FAA-UNICEN. Facultad de Agronomía. NACT CIISAS CRESCA. Av. República de Italia 780, (B7300) Azul, Argentina

<sup>5</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Calle 526 entre 10 y 11, 1900 La Plata, Argentina

Este trabajo se basó en utilizar la técnica de Espectroscopía de Plasmas Producidos por Láser (LIBS, por sus siglas en inglés), para cuantificar el carbono (C) total en 26 muestras de suelo superficial y subsuperficial provenientes de diversos ambientes de la Región centro bonaerense, cubriendo un amplio rango de C orgánico y/o inorgánico. La importancia en la determinación de C en suelos radica en que éste actúa como reservorio del elemento, mitigando así el calentamiento global [1]. Por otro lado, LIBS tiene las ventajas de ser una técnica relativamente simple, limpia, rápida y a diferencia de los métodos homologados para determinar C orgánico (digestión húmeda de Walkley y Black, IRAM-SAGyP 29571-2:2011) y C inorgánico (método gas volumétrico [2]), es ambientalmente amigable. Además, es económica en comparación con la técnica de combustión en seco (p.e. LECO 828 Series Combustion). LIBS se basa en incidir un láser pulsado de alta potencia en la superficie de una muestra, generando un plasma a una elevada temperatura. Los átomos se excitan y al decaer a niveles de menor energía emiten fotones a longitudes de onda ( $\lambda$ ) características de cada elemento de la muestra, constituyendo una "huella" espectral del material analizado. En este caso se empleó la principal línea de C neutro (C I) (247,85 nm), la cual posee la mayor intensidad respecto a otras líneas de este elemento en el espectro electromagnético. El arreglo experimental utilizado consistió en un láser Nd:YAG Q-switched pulsado (Continuum Surelite II) emitiendo en la longitud de onda fundamental de 1064 nm, un monocromador con configuración Czerny ? Turner (Jobin

Yvon THR 1500), un fotomultiplicador (Hamamatsu 1P28) y la señal eléctrica fue discriminada y promediada por una Boxcar (Standford Research System, módulos SR 250 y SR 280). El proceso de preparación de las muestras consistió en secarlas al aire, molerlas y tamizarlas por una malla de 2 mm. Luego se tomaron 13 g de cada una y se colocaron en un compactador, el cual se presió a 140 MPa durante 1 min, obteniendo así muestras en forma de pastillas listas para ser analizadas con la técnica LIBS [3]. Para la cuantificación de C, se preparó una curva de calibración a partir de un suelo patrón provisto por la Ronda Interlaboratorios del año 2017 del programa PROINSA, al cual se le adicionó biftalato de potasio a través del método de adición estándar. Previamente, por medio de un análisis temporal de la intensidad de la línea de C I, se obtuvieron los parámetros de medición óptimos, resultando estos en un tiempo postbreakdown de  $7 \mu\text{s}$  y un tiempo de ventana de  $1 \mu\text{s}$  [4]. Por último, se calcularon las concentraciones de C total para todas las muestras mediante el ajuste dado por regresión lineal. Se observó una correlación con los datos obtenidos por los métodos de referencia citados, siendo la técnica LIBS una herramienta potencial para el estudio de C en suelos.

#### Referencias:

- [1] IPCC AR6 Synthesis Report: Climate Change 2022. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (visitado el 12/07/2022).
- [2] Soil Survey Staff. 2014. Kellogg Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 5.0. R. Burt and Soil Survey Staff (ed.). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
- [3] Lencina, A., Romagnoli, G., Alonso, A., Ramos, N., D Angelo, C., Lett, L., Mestelan, S. Laser-induced breakdown spectroscopy applied to cattle compost for phosphorus quantification. *International journal of recycling organic waste in agriculture*, 2022; 11(3): 319-332. doi: 10.30486/ijrowa.2021.1917918.1178.
- [4] Córdoba, M. 2018. Tesis de grado: Estudio y aplicaciones de señales LIBS en suelos agrarios: cuantificación de carbono. Dir DAngelo, C; Co-dir Martino, L. Facultad de Ciencias Exactas, UNCPBA. <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1996>.

# FLUÍDOS Y PLASMAS

## Charlas

Jueves 29 de septiembre

14:00-14:15

Aulas Nuevas 2

### Estudio de la densidad de corriente periférica en plasmas en equilibrio magnetohidrodinámico

García-Martínez P<sup>1</sup>, Morgan N M<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

Los métodos de forzado de corriente no inductivos que se emplean en los experimentos de confinamiento magnético orientado a fusión nuclear (por ejemplo el tokamak), pueden programarse para actuar sobre la distribución de corriente del plasma. El perfil del factor de seguridad ( $q$ ) permite determinar qué distribución de corriente es más conveniente para la estabilidad y performance de la descarga. Por esto se considera que el control del perfil del factor de seguridad (que se logra actuando sobre la densidad de corriente) será una técnica indispensable en reactores de fusión como ITER. La condición de equilibrio magnetohidrodinámico es la que establece la relación entre el perfil de  $q$  y la densidad de corriente, además de determinar la geometría de la configuración magnética. En plasmas toroidales, esta condición se expresa en términos de la ecuación de Grad-Shafranov, que es una ecuación elíptica de segundo orden en general no-lineal. En este trabajo resolvemos el problema inverso de equilibrio, partiendo del perfil de  $q$ , mediante el método de elementos finitos. Estudiamos una familia de soluciones correspondientes a los escenarios de operación previstos para ITER, analizando cómo se relaciona el perfil de  $q$  con la distribución de la densidad de corriente, con especial énfasis en la región cercana a la separatriz. El objetivo es contribuir a las herramientas existentes de diseño de control de perfiles del plasma, proveyendo un mejor modelado del comportamiento del factor de seguridad en la zona periférica.

**Contacto:** Nicolás Mauricio Morgan, nicolas.morgan@ib.edu.ar **Código Identificador:** 9084

14:15-14:30

Aulas Nuevas 2

## Estudio de oscilones propagativos en la inestabilidad de Faraday 1D periódica

Español B<sup>1</sup>, Vinograd M<sup>1</sup>, Cobelli P J<sup>1 2</sup><sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*<sup>2</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires*

En este trabajo se estudió experimentalmente la dinámica de ondas de Faraday confinadas en una geometría unidimensional con condiciones periódicas de contorno. Mediante el uso de una técnica de profilometría de alta resolución espacio-temporal, se caracterizaron los patrones emergentes, así como la ocurrencia de estructuras coherentes asociadas a su dinámica en dos escalas espaciales diferentes. Se observaron oscilones localizados (en reposo y propagativos) y estructuras extendidas compuestas por varios oscilones individuales. En este caso, se halló que dichas estructuras localizadas pueden agruparse en trenes que se propagan reteniendo su coherencia espacial. Finalmente, se comparó la distribución de energía en el sistema con aquella predicha por la relación de dispersión de ondas gravito-capilares lineales, poniendo de manifiesto el grado de no-linealidad del sistema y su relevancia para la formación de estructuras fuertemente localizadas.

**Contacto:** Bernardo Español, [esp.bernardo@gmail.com](mailto:esp.bernardo@gmail.com) **Código Identificador:** 8861

14:30-14:45

Aulas Nuevas 2

## Estudio experimental de la dinámica de partículas lagrangianas en turbulencia bidimensional

Zalduendo I<sup>1</sup>, Martinovich C<sup>1</sup>, Cobelli P<sup>1 2</sup><sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*<sup>2</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires*

La turbulencia es una constante de la naturaleza, observable en todas sus escalas. Si bien no existe la turbulencia bidimensional estrictamente hablando, muchos sistemas se pueden describir de esta manera en una primera aproximación, como por ejemplo

los movimientos a gran escala en la atmósfera y en los océanos, dada la relación entre sus dimensiones.

Una propiedad fundamental de la turbulencia bidimensional es la existencia de cascadas inversas de energía cuyo estudio resulta de gran interés para comprender fenómenos que se observan en la atmósfera. En tales escenarios, los procesos de transporte son a menudo dominados por la acción convectiva de las fluctuaciones de velocidad. Estos procesos se estudian en turbulencia isótropa y homogénea donde se establece que llevan a la dispersión y difusión de partículas [1], y a la concentración preferencial [2].

Recientemente, se ha estudiado la dispersión de partículas lagrangianas [3] y el clustering de partículas inerciales con flotación neutra [4] en simulaciones numéricas que consideran la dinámica del seno de flujos estratificados estables. Estas ponen en evidencia un mezclado de vórtices turbulentos y ondas internas de gravedad. Por esta razón, resulta de interés realizar una caracterización de flujos bidimensionales en términos de la dinámica de partículas que en dichos flujos son advectadas.

En esta ocasión presentaremos el montaje experimental diseñado para generar de manera controlada turbulencia 2D, su caracterización mediante simulaciones y resultados preliminares asociados al estudio de la dinámica de trayectorias para caracterizar la turbulencia generada.

[1] M. P. Rast and J.-F. Pinton, Pair Dispersion in Turbulence: The Subdominant Role of Scaling, *Phys. Rev. Lett.* 107, 214501 (2011).

[2] J. P. L. C. Salazar, J. De Jong, L. Cao, S. H. Woodward, H. Meng, and L. R. Collins, Experimental and numerical investigation of inertial particle clustering in isotropic turbulence, *J. Fluid. Mech.* 600, 245 (2008).

[3] N. E. Sujovolsky and P. D. Mininni, Vertical dispersion of Lagrangian tracers in fully developed stably stratified turbulence, *Phys. Rev. Fluids* 4, 014503 (2019).

[4] A. Sozza, F. De Lillo, and G. Boffetta, Inertial floaters in stratified turbulence, *EPL (Europhys. Letters)* 121, 14002 (2018).

**Contacto:** Iñaki Zaldueño, izaldueño@hotmail.com **Código Identificador:** 8614

14:45-15:00

Aulas Nuevas 2

## Gestión térmica de dispositivo microfluídico mediante optimización del intercambio de calor

Chej L G<sup>1 2</sup>, Juárez A E<sup>3 2</sup>, Carusela M F<sup>2 1</sup>, Freytes V M<sup>3 2</sup>, Monastra A G<sup>1 2</sup>, Donofrio A G<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento*

<sup>2</sup> *CONICET*

<sup>3</sup> *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Grupo de Medios Porosos, Paseo Colón 850, 1063 Buenos Aires, Argentina*

El progreso constante en el desarrollo de dispositivos electrónicos esta tendiendo a una reducción drástica de su tamaño, y generando un aumento considerable en su densidad de potencia. En forma paralela, es necesario desarrollar nuevas tecnologías para eliminar el calor generado en formas mas eficientes, con el fin de refrigerar en forma óptima y garantizar la durabilidad y el rendimiento de estos dispositivos. Los dispositivos microfluídicos aportan mejoras sustanciales a la eliminación de calor eficiente en el campo de la electrónica, la más destacada es el efecto producido por la disminución de su diámetro hidráulico y el incremento de superficie por unidad de volumen, produciendo un incremento en el coeficiente de transferencia de calor, además de menores cantidades de agentes refrigerantes. Realizando simulaciones utilizando la técnica de volúmenes finitos se obtienen el mapa de temperaturas y el flujo de calor a través de las paredes de un chip microfluídico, explorando distintos tipos de refrigerantes y condiciones de funcionamiento que maximicen la evacuación del calor generado por una fuente externa. Los resultados numéricos se comparan con el perfil de temperaturas obtenido en el desarrollo experimental realizado en paralelo en el "Laboratorio de Microfluídica del grupo de Medios Porosos - FIUBA", donde se ensayo dispositivos microfluídicos de PDMS-Vidrio con insertos de cobre, explorando el comportamiento del transporte de calor para distintas condiciones de funcionamiento del dispositivo.

**Contacto:** Lucas Gabriel Chej, lchej@campus.ungs.edu.ar **Codigo Identificador:** 8693

15:00-15:15

Aulas Nuevas 2

## Simetrías en espacio directo en turbulencia de ondas

Nosedá M<sup>1</sup>, Cobelli P J<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires*

La turbulencia generada por el intercambio de energía (débilmente no lineal) entre ondas superficiales gravitocapilares es un tipo de turbulencia que recibió un particu-

lar flujo de interés en los últimos veinte años. Diversas técnicas experimentales han surgido con el objetivo de mapear la superficie de los fluidos estudiados [1] [2]. En este trabajo incorporamos al Laboratorio una técnica de medición de turbulencia de ondas, "Diffusing Light Photography" o DLP [3] [4], en donde se mide la altura de la superficie utilizando la intensidad saliente de la luz al atravesar un medio difusivo. Con esta técnica se tomaron datos de un régimen turbulento en un dispositivo experimental canónico, que consiste en una cuba cuadrada con el fluido difusor forzado por dos paletas. Motivado por observaciones recientes [5] [6], se propuso buscar la presencia de invariancia conforme en las curvas de nivel de la altura de la superficie de fluido, asociando a las mismas a Evoluciones Estocásticas de Schramm-Loewner (SLE). En este trabajo se muestran resultados preliminares de esta técnica al estudio de invariancia conforme en turbulencia débil.

- [1] Cobelli, Pablo Maurel, Agnès Pagneux, Vincent Petitjeans, Philippe. (2009). Global measurement of water waves by Fourier transform profilometry. *Experiments in Fluids*. 46.
- [2] Moisy, Frédéric Rabaud, Marc Salsac, Kévin. (2009). A synthetic Schlieren method for the measurement of the topography of a liquid interface. *Experiments in Fluids*. 46.
- [3] W.B. Wright, R. Budakian, D. Pine, and S.J. Putterman. (1997). Imaging of Intermittency in Ripple-Wave Turbulence. *Science* 278, 1609.
- [4] W.B. Wright, R. Budakian, and S.J. Putterman. (1996). Diffusing Light Photography of Fully Developed Isotropic Ripple Turbulence. *Phys. Rev. Lett.* 76, 4528.
- [5] Bernard, D. Boffetta, G. Celani, Antonio Falkovich, Gregory. (2006). Conformal invariance in two-dimensional turbulence. *Nature Physics*. 2.
- [6] Thalabard, Simon Rosenberg, Duane Pouquet, Annick Mininni, Pablo. (2011). Conformal Invariance in Three-Dimensional Rotating Turbulence. *Physical review letters*. 106.

**Contacto:** Manuel Nosedá, mannoseda@hotmail.com **Código Identificador:** 8515

15:15-15:30

Aulas Nuevas 2

## Caracterización del flujo de descarga de un silo modelo con un obstáculo móvil

Sirur Flores A Y<sup>1</sup>, Benito J G<sup>1</sup>, Uñac R<sup>1</sup>, Vidales A M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INFAP, CONICET, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, D5700HHW, San Luis, Argentina

El estudio del flujo de descarga de granos dentro de los silos es un tema de interés actual, tanto a nivel industrial (industria cementera, siderúrgica, nuclear, farmacéutica, alimenticia, vial, minera, entre otras) como a nivel teórico en la física básica del problema, ya que la descripción teórica del fenómeno sigue siendo un tema abierto debido a la compleja dinámica presente en el proceso de descarga.

Por otra parte, el uso de obstáculos fijos a la salida o en el seno interior de un silo ha sido estudiado desde hace tiempo. Es sabido que la presencia de un obstáculo fijo en las proximidades de la salida de un silo altera la velocidad de las partículas, pudiendo en algunos casos aumentar la velocidad y desfavorecer la formación de arcos.

En este trabajo, como primera etapa, se muestra el estudio experimental realizado hasta el momento del comportamiento del flujo de descarga de lentejas en un silo bidimensional plano a escala de laboratorio cuando se varía la altura de un obstáculo móvil en las proximidades de la salida del silo. Se utilizó como obstáculo móvil una esfera de madera que tenía permitido pendular por medio de una cuerda de masa despreciable. Se midió el flujo para diferentes tamaños de aberturas de salida del silo y diferentes alturas del obstáculo móvil. Los resultados obtenidos muestran que, para un dado tamaño de abertura de salida del silo, el flujo de descarga con el obstáculo móvil inserto a una altura específica es máximo, con un valor aproximadamente un 10 % mayor que el flujo de descarga del silo sin el obstáculo. Para alturas del obstáculo mayores a dicha altura específica no hay cambios apreciables respecto al flujo de descarga del silo sin el obstáculo. Para alturas menores, el flujo disminuye aproximadamente de forma lineal a medida que se reduce la altura del obstáculo.

Adicionalmente se han iniciado filmaciones con una cámara digital rápida para obtener más información sobre el flujo de descarga en torno al obstáculo y la abertura de salida del silo. Además, se presentarán resultados preliminares de las fluctuaciones del flujo con un sistema de medición electrónico basado en una celda de carga con el que recientemente cuenta nuestro laboratorio.

Es de interés del grupo de trabajo desarrollar luego una ecuación teórica que prediga el valor del flujo de descarga teniendo en cuenta la presencia del obstáculo. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan al conocimiento de las características cinéticas en la descarga de silos de almacenamiento de granos, optimizando los procesos productivos que los emplean, evitando ciertos efectos indeseados como la formación de arcos que provocan fluctuaciones en el flujo y hasta posibles interrupciones momentáneas de la descarga.

**Contacto:** Anuar Yamil Sirur Flores, [yamilsirurf@gmail.com](mailto:yamilsirurf@gmail.com) **Código Identificador:** 8694

## Influencia del confinamiento en el crecimiento de perlas de hidrogel

Falcioni S A<sup>1</sup>, Roht Y L<sup>1</sup>, Binda L D<sup>1</sup>, Drazer G<sup>2</sup>, Ippolito I P<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Medios Porosos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Mechanical Aerospace Engineering Department, Rutgers University, EEUU.

Los hidrogeles son estructuras poliméricas que poseen la propiedad de absorber una gran cantidad de agua, hinchándose y aumentando considerablemente su tamaño. Son utilizados en una amplia variedad de aplicaciones que van desde la absorción de humedad hasta las lentes de contacto blandas. En ciertas aplicaciones, donde el hidrogel debe absorber líquido mientras es sometido a fuerzas que se oponen a su crecimiento, sus propiedades elásticas y fisicoquímicas bajo esfuerzo mecánico son de gran importancia. También, existen aplicaciones donde se requiere una elevada resistencia mecánica, como en el caso de la agricultura cuando el hidrogel se coloca en profundidad y debe soportar la presión mecánica asociada.

El objetivo de este trabajo es estudiar la influencia que tiene el confinamiento en el crecimiento de un hidrogel. Para ello, se construyó un recipiente cilíndrico de diámetro  $D=23$  mm y altura 10 cm, donde un hidrogel podría crecer libremente sin interacción con las paredes alcanzando un tamaño máximo  $d_f=15 \pm 0.5$  mm. En el recipiente se deposita un hidrogel, inicialmente seco (diámetro  $d_i=2,8 \pm 0.2$  mm), en una solución acuosa con 5 mg/L de fluoresceína disuelta, que no afecta la absorción de agua dentro del hidrogel y permite iluminar con luz UV para una mejor visualización dentro de la celda. Dentro de la celda y sobre el hidrogel, se encuentra un pistón que se desliza sin rozamiento hasta entrar en contacto con un captor de fuerza que fija la altura máxima  $H$  controlable.  $H$  caracteriza el confinamiento vertical y fue variado entre 4 y 12 mm. En el plano perpendicular (horizontal) a este confinamiento vertical el hidrogel es libre de crecer. Se estudió la fuerza que ejerce el hidrogel durante la absorción de agua para cada  $H$  en función del tiempo y, sincronizadamente, se registró el crecimiento del mismo. En el plano horizontal se midió el área proyectada del hidrogel y el área de contacto con el piso de la celda. En la dirección vertical se midió la altura (diámetro) del hidrogel durante el crecimiento inicial, previo a alcanzar la altura de confinamiento.

Durante el crecimiento, independientemente de  $H$ , se encontraron tres etapas con cinéticas distintas: a) crecimiento en forma de 'flor', donde el hidrogel presenta un centro seco rodeado de una corona húmeda de morfología ondulada y que responde a una inestabilidad en superficie; b) crecimiento isótropo y homogéneo; y c) crecimiento confinado, que aparece cuando el hidrogel alcanza un tamaño igual a  $H$  y subsecuentemente crece de forma restringida en la dirección vertical. Se encontró que la fuerza ejercida por el hidrogel aumenta con el confinamiento (a medida que disminuye  $H$ ). Sin embargo, la evolución de la presión ejercida por el hidrogel, normalizada con su

valor asintótico, es independiente del mismo.

**Contacto:** Sebastian Falcioni, sebafalcioni@gmail.com **Codigo Identificador:** 8554

## Sesión de Posters

- Martes 27/9: FP-1 a FP-14.

### FP-1 **Análisis de la dinámica de un puente líquido entre una esfera y una superficie vibrada verticalmente**

Vallone A F<sup>1</sup>, Rojos G<sup>1</sup>, Uñac R<sup>1</sup>, Sirur Flores A Y<sup>1</sup>, Vidales A M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *INFAP, CONICET, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, D5700HHW, San Luis, Argentina*

La aparición de puentes capilares entre partículas o entre una partícula y una superficie puede suceder por ejemplo como consecuencia de la condensación del vapor circundante. Esto produce un fuerte incremento en las fuerzas de interacción partícula-partícula o entre la superficie y la partícula, siendo las fuerzas capilares las dominantes.

En las últimas décadas el desarrollo de modelos que incluyen efectos capilares ha sido exitoso [1], ayudando a comprender y predecir el comportamiento del material granular húmedo con buenos resultados [2-4].

En este trabajo se estudia la dinámica de un puente líquido formado entre una partícula sólida y una superficie plana sometida a vibración vertical. La amplitud y frecuencia de las oscilaciones de la superficie se pueden variar. Para seguir la dinámica del sistema el movimiento de la partícula junto con la deformación del puente se registra mediante una cámara IDS de alta velocidad.

Se propone un modelo simple para las fuerzas capilares que es contrastado con los datos experimentales obtenidos intentando establecer un enfoque teórico sencillo capaz de implementarse en la descripción de fenómenos que involucran material granular húmedo.

Los resultados indican que los efectos de la viscosidad pueden despreciarse siempre que la amplitud del movimiento no sea demasiado pequeña, obteniendo aún una descripción razonable del comportamiento dinámico del sistema esfera/puente líquido.

#### Bibliografía

- [1] H-J. Butt, M. Kappl. Normal capillary forces. *Adv. Colloids Int. Sci.* 146, 48-60, 2009.
- [2] S. Herminghaus. Dynamics of wet granular matter. *Adv. Phys.* 54, 221-244, 2005.
- [3] J. Crassous, M. Ciccotti, E. Charlaix. Capillary Force between Wetted Nanometric Contacts and Its Application to Atomic Force Microscopy. *Langmuir* 27, 3468-3473, 2011.
- [4] N. Mitarai, F. Nori. Wet granular materials. *Adv. Phys.* 55, 1-45, 2006.

## FP-2 **Análisis de la influencia del coeficiente de difusión en la separación de especies orientado a procesos de enriquecimiento**

González J<sup>1 2</sup>, Arana B<sup>2</sup>, Clause A<sup>3 4 5</sup>, Perlo L<sup>6</sup>, Fiol J<sup>1 2</sup>, Schönhals P<sup>6 2</sup>, Fainstein P<sup>1</sup>, Fregenal D<sup>1</sup>, Frigerio P<sup>6 2</sup>, Lamagna A<sup>7</sup>, Cortizo E<sup>6 2</sup>, Kaul E<sup>1 2</sup>, Knoubloch P<sup>6 2</sup>, Zarco M<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Laboratorio de Plasmas Densos Magnetizados, CNEA, UNiCen

<sup>4</sup> CONICET

<sup>5</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

<sup>6</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>7</sup> Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

En este trabajo se estudió el flujo compresible en régimen supersónico en una expansión libre axisimétrica con el fin cuantificar el uso procesos aerodinámicos como técnica de enriquecimiento. Para ello se realizaron simulaciones mediante el software ANSYS Fluent para la expansión libre de una mezcla binaria de CO<sub>2</sub> diluido en He con geometría axisimétrica. En ese sentido se analizó una geometría para la cual se contaba con mediciones de separación realizadas en el laboratorio del proyecto, y se contrastaron los resultados obtenidos con esos datos experimentales. La presión en la cámara de expansión resulta el parámetro de control para la formación de las estructuras características del flujo, las cuales son determinantes para la separación de especies. En todos los casos estudiados se buscó que las condiciones extremas de bajas presiones y temperaturas alcanzadas son suficientes para dar lugar al fenómeno de clusterización o aglomeración de una especie. En el cálculo difusivo, programado

externamente, se observó que el coeficiente de difusión influye de manera relevante en los resultados de las concentraciones de cada especie. Por lo tanto se hizo un análisis de las correlaciones disponibles para estimar este parámetro aplicables al caso de estudio. Se demostró que el modelo de Chapman, con una corrección mediante integrales de colisión, es el que mejor se adapta a las condiciones del proceso. Estos resultados serán relevantes al momento de cuantificar la difusión del Hexafluoruro de Uranio con sus dos isótopos (235 y 238) diluido en un gas carrier (como Helio), buscando la optimización de un proceso de enriquecimiento de Uranio, objetivo final del proyecto.

### FP-3 CARACTERIZACIÓN DE FLUJOS EN SISTEMAS INESTABLES

Fernandez D M<sup>1</sup>, Segovia J M<sup>1</sup>, Vigh C<sup>1 2 3</sup>, Donofrio A<sup>1 4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>3</sup> Instituto de Física del Plasma, CONICET-UBA

<sup>4</sup> CONICET

Cuando la distribución de un soluto en un medio no es homogénea, la especie fluye desde las áreas de mayor concentración hacia las de menor concentración en forma difusiva. Sin embargo, de acuerdo a la propia configuración del sistema y a las características de las especies involucradas, pueden establecerse procesos de reacción y convección que inciden en el flujo original. En este trabajo nos enfocamos en la medición del flujo en sistemas miscibles, en los que es posible el surgimiento y desarrollo de inestabilidades hidrodinámicas. Concretamente, presentamos el flujo medido en celdas de Hele-Shaw, mediante técnicas de análisis de imagen, para sistemas con una especie en disolución y dos especies. En forma complementaria, presentamos los flujos obtenidos en forma numérica para los sistemas simulados equivalentes, así como la comparación con aquellos informados en la literatura.

### FP-4 Caracterización de la migración de microgotas sometidas a efectos termocapilares.

Santos Cabrera N<sup>1</sup>, Mansilla R A<sup>1</sup>, Correa P G<sup>1</sup>, Perazzo C A<sup>2 3</sup>, Gomba J M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Arroyo Seco ? IFAS (UNCPBA) and CIFICEN (UNCPBA-CICPBA-CONICET), Pinto 399, (7000) Tandil, Argentina

<sup>2</sup> IMeTTyB, Universidad Favaloro-CONICET, Solís 453, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Departamento de Física y Química, FICEN, Universidad Favaloro

En este trabajo se presenta un estudio del flujo de gotas sometidas a un gradiente térmico impuesto sobre el sustrato que las sostiene. El desplazamiento del líquido es generado por los gradientes de tensión superficial que se generan por la dependencia de esta propiedad con la temperatura. Caracterizamos el desplazamiento de las gotas mediante experimentos donde variamos parámetros tales como el volumen, viscosidad de las gotas y el gradiente térmico aplicado al sustrato. Se registró el desplazamiento del líquido mediante video para determinar el efecto que produce la variación de cada uno de los parámetros sobre el flujo de las gotas. Comparamos satisfactoriamente nuestros resultados con predicciones teóricas. El frente de la línea de contacto avanza siguiendo una ley de potencias con el tiempo, con un exponente igual a  $0,59 \pm 0,5$ .

### FP-5 **Caracterización fluidodinámica en toberas tipo expansión libre, orientada a procesos de enriquecimiento**

González J<sup>1 2</sup>, Cabaña A<sup>2</sup>, Perlo L<sup>3</sup>, Fiol J<sup>1 2</sup>, Fainstein P<sup>1 2</sup>, Fregenal D<sup>1</sup>, Knoubloch P<sup>3 2</sup>, Kaul E<sup>1 2</sup>, Lamagna A<sup>4</sup>, Zarco M<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>4</sup> Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

En este trabajo se estudiaron los aspectos fluidodinámicos de flujos tipo expansión libre en una tobera convergente axisimétrica. La correcta determinación de los parámetros del proceso (mapa de presiones, densidades y temperaturas, entre otras variables) resulta de vital importancia para el cálculo de los aspectos difusivos de la separación de especies en mezclas de gases. La precisión del cálculo difusivo será la base para la correcta estimación de los parámetros separativos, buscando la optimización de un proceso de enriquecimiento. En particular, se apuntará al enriquecimiento de Uranio en su isótopo <sup>235</sup> utilizando configuraciones como la descrita en este trabajo, asistidas por iluminación laser. Para potenciar el efecto separativo se busca lograr condiciones de presión y temperatura que favorezcan la clusterización (aglomeración) de moléculas, para posteriormente reprimir selectivamente esa clusterización en una de las especies mediante iluminación laser. De esta manera, se aumenta considerablemente la diferencia de masas entre los componentes de la mezcla (uno clusterizado y el otro no), lo cual es el principal parámetro en la fuerza impulsora para la separación de especies. Dado que para lograr activar la clusterización se necesitan condiciones de muy bajas presiones y temperaturas, se necesita verificar hasta que valor de las mismas la hipótesis del continuo sigue siendo válida, de manera de poder calcular el proceso mediante un esquema fluidodinámico basado en la ecuación de Navier-Stokes. Además, en un rango de muy bajas temperaturas, es necesario contar con un modelo adecuado

para uno de los parámetros del fluido más importante al momento de determinar las velocidades, como es la viscosidad. Debido a los rangos de temperatura alcanzados en la expansión supersónica, en este trabajo se implementó el modelo de Sutherland para la viscosidad. Este modelo permitió obtener mejores resultados fluidodinámicos a números de Mach elevados que un modelo de viscosidad constante. Además, se estudió el rango de validez de la hipótesis del continuo debido a las bajas densidades alcanzadas durante la expansión, calculando el número de Knudsen en todo el dominio. Se observó que al reducir las presiones de entrada y salida, el modelo se aparta del rango de validez de esta hipótesis. Analizando el dominio modelado para reproducir el modelo de expansión libre en las simulaciones, se logró reducir significativamente el costo computacional reduciendo el tamaño de la cámara de descarga.

## **FP-6 Diagnóstico de Plasmas Fríos DC y RF por Método de Sonda de Langmuir**

Vicario F<sup>1</sup>, Cassinese F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

En este trabajo se realizó la caracterización de un Plasma generado por descarga eléctrica DC mediante el Método de Sonda de Langmuir [1]. Se obtuvieron curvas características I-V para diversas configuraciones de presión y voltaje generador de plasma, en distintas regiones espaciales del mismo. Se implementó el Método de Druyvenstein [2] para obtener la Función Distribución de Energía de Electrones (EEDF), y se realizó un análisis estadístico [3] para determinar Temperatura y Densidad Electrónicas. Una segunda parte del trabajo incluyó el reacondicionamiento de equipos para generación de plasma por Radio Frecuencia (RF), y una primera aproximación a la adaptación del Método de Langmuir en este nuevo sistema.

[1] H. M. Mott-Smith and I. Langmuir, The theory of collectors in gaseous discharges, Phys. Rev., 28, 727. (1926)

[2] M. J. Druyvesteyn, Der Niedervoltbogen, Z. Physik 64, 781-798 . (1930)

[3] F. J. Gonzalez, J. I. Gonzalez, S. Soler, C. E. Repetto, B. J. Gómez, D. B. Berdichevsky, New procedure to estimate plasma parameters through the q-Weibull distribution by using a Langmuir probe in a cold plasma, Universidad Nacional de Rosario (2022).

## **FP-7 Diagnóstico de Plasmas Fríos DC y RF por Método de Sonda de Langmuir**

Cassinese F F<sup>1</sup>, Vicario F J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

En este trabajo se realizó la caracterización de un Plasma generado por descarga eléctrica DC mediante el Método de Sonda de Langmuir [1]. Se obtuvieron curvas características I-V para diversas configuraciones de presión y voltaje generador de plasma, en distintas regiones espaciales del mismo. Se implementó el Método de Druyvenstein [2] para obtener la Función Distribución de Energía de Electrones (EEDF), y se realizó un análisis estadístico [3] para determinar Temperatura y Densidad Electrónicas. Una segunda parte del trabajo incluyó el reacondicionamiento de equipos para generación de plasma por Radio Frecuencia (RF), y una primera aproximación a la adaptación del Método de Langmuir en este nuevo sistema.

[1] H. M. Mott-Smith and I. Langmuir, The theory of collectors in gaseous discharges, Phys. Rev., 28, 727. (1926)

[2] M. J. Druyvesteyn, Der Niedervoltbogen, Z. Physik 64, 781-798 . (1930)

[3] F. J. Gonzalez, J. I. Gonzalez, S. Soler, C. E. Repetto, B. J. Gómez, D. B. Berdichevsky, New procedure to estimate plasma parameters through the q-Weibull distribution by using a Langmuir probe in a cold plasma, Universidad Nacional de Rosario (2022).

## FP-8 Dinámica de partículas cargadas en tokamaks de triangularidad positiva y negativa

Sheffield F<sup>1</sup>, Farengo R<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

En los tokamaks más avanzados en operación la sección transversal del plasma tiene forma de 'D', con la parte curva de la misma apuntando hacia afuera. Esto se conoce como *triangularidad* positiva de la sección transversal. Esta forma fue elegida por ser considerada la más estable frente a perturbaciones magnetohidrodinámicas (MHD) macroscópicas que podrían destruir el confinamiento.

Experimentos realizados recientemente han demostrado, sin embargo, que las configuraciones con triangularidad negativa (la parte curva de la D apuntando hacia dentro) pueden proporcionar un confinamiento tan efectivo como las de triangularidad positiva y poseer algunas ventajas en lo referente a la ingeniería del reactor. [1-3]

Si bien el plasma confinado dentro de un reactor de fusión es un medio continuo y su comportamiento se estudia generalmente considerándolo como un gas de partículas cargadas o un fluido conductor, los avances computacionales de los últimos tiempos también permiten obtener importante información sobre algunos aspectos de su comportamiento calculando la dinámica de un gran número de partículas cargadas en campos electromagnéticos prescritos.

En particular, en este trabajo nos centramos en estudiar la dinámica de partículas

cargadas en equilibrios MHD analíticos para ambas triangularidades con el objetivo de entender las diferencias entre ambas geometrías. Las simulaciones fueron realizadas mediante el código FOCUS [4], que calcula las trayectorias exactas de las partículas utilizando procesadores gráficos (GPU).

- [1] Camenen, Y., Pochelon, A., Behn, R., Bottino, A., Bortolon, A., Coda, S., et al. Impact of plasma triangularity and collisionality on electron heat transport in tcv l-mode plasmas. *Nuclear Fusion*, 47, 510 (2007).
- [2] Kikuchi, M., Fasoli, A., Takizuka, T., Diamond, P., Medvedev, S., Duan, X., et al. Negative triangularity tokamak as fusion energy system. 2014.
- [3] Austin, M. E., Marinoni, A., Walker, M. L., Brookman, M. W., deGrassie, J. S., Hyatt, A. W., et al. Achievement of reactor-relevant performance in negative triangularity shape in the diii-d tokamak. *Phys. Rev. Lett.*, 122, 115001 (2019).
- [4] C. F. Clouser, R. Farengo and H. E. Ferrari. FOCUS: A Full-Orbit CUDA Solver for Particle Simulation in Magnetized Plasmas. *Comp. Phys. Comm.* (2018).

## FP-9 Estudio de ángulos característicos de residuos sólidos

Ojeda Alvis J<sup>1</sup>, Binda L<sup>1</sup>, Ippolito I<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Grupo de Medios Porosos, Paseo Colón 850, 1063 Buenos Aires, Argentina

El transporte y desecho de residuos sólidos son temas de impacto directo sobre el medio ambiente. Abordar el estudio de esta temática es vital para mitigar el impacto producido por la producción de basura, considerando el gasto energético que conlleva el transporte y posterior eliminación de este tipo de residuos.

En las plantas de procesamiento/separación, los residuos son transportados en cintas y volcados en recipientes o contenedores. Estos residuos pueden ser más o menos higroscópicos dependiendo de su constitución. Por lo tanto, durante la descarga la interacción con las paredes o cintas transportadoras es preponderante. Una forma de caracterizar esta interacción es a través del estudio de los ángulos críticos de diversos tipos de residuos sobre dichas superficies.

En particular, estudiar los ángulos críticos de diversos materiales como maderas, metales, plásticos, papeles y cartones, vidrios, residuos de poda y jardín (materiales que representan alrededor del 50 % del total de los residuos sólidos que se eliminan actualmente tanto a nivel nacional como en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires) permite diagramar y diseñar correctamente los dispositivos vinculados con su transporte y posterior eliminación. Este ángulo caracteriza el ángulo de inclinación a partir del cual el material que está sobre una superficie pierde su equilibrio.

Con el objetivo de hacer una caracterización amplia, se propone estudiar el ángulo estático para todos estos materiales en situaciones diversas: sobre distintas superficies (acrílico y goma, como la utilizada en las cintas transportadoras), en situaciones distintas de mojado (seco o con una cierta cantidad de agua); y estudiar tanto de forma aislada como colectivo, dentro del cual se estudian los efectos de compactación del medio.

### FP-10 **Flujos termocapilares de anillos líquidos: análisis lineal de la estabilidad**

Mansilla R A<sup>1 2</sup>, Gomba J M<sup>1 2</sup>, Correa P G<sup>1 2</sup>, Perazzo C A<sup>3 4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Arroyo Seco - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina

<sup>3</sup> IMeTTyB, Universidad Favaloro-CONICET, Solís 453, Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup> Departamento de Física y Química, FICEN, Universidad Favaloro

Cuando una gota de líquido se deposita en el centro de un disco sometido a un gradiente radial de temperaturas, el fluido avanza formando rápidamente un anillo. A partir de un determinado radio crítico, la simetría axial de la línea de contacto se pierde, formándose suaves ondulaciones cuya amplitud crece con el tiempo. En este trabajo modelamos la evolución del flujo bajo la hipótesis de lubricación, encontrado una adimensionalización que permite modelar el flujo base mediante el uso de una ecuación libre de parámetros, y estudiamos la evolución lineal de perturbaciones impuestas a la línea de contacto. Analizamos los efectos del espesor del film precursor sobre la velocidad de avance del flujo base y sobre la tasa de crecimiento. Estudiamos la respuesta del sistema a la aplicación de perturbaciones a diferentes tiempos.

### FP-11 **Inestabilidad de anillo en flujos termocapilares: simulaciones numéricas**

Perazzo C A<sup>1 2</sup>, Mansilla R A<sup>3 4</sup>, Correa P G<sup>3 4</sup>, Escobar Quiroz J F<sup>5 2</sup>, Gomba J M<sup>6 4</sup>

<sup>1</sup> IMeTTyB, Universidad Favaloro, Solís 453, Buenos Aires

<sup>2</sup> Departamento de Física y Química, FICEN, Universidad Favaloro

<sup>3</sup> Instituto de Física Arroyo Seco - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

<sup>4</sup> Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina

<sup>5</sup> IMeTTyB, Universidad Favaloro-CONICET, Solís 453, Buenos Aires, Argentina.

<sup>6</sup> Instituto de Física Arroyo Seco

Se ha mostrado experimentalmente [1] que cuando se deposita una gota en el centro de un sustrato con un gradiente axial de temperatura (más caliente en el centro), gracias a la termocapilaridad aparece un flujo hacia afuera de modo que la gota evoluciona hacia un anillo cuyo el radio crece con el tiempo Al alcanzar un radio crítico, la línea de contacto se inestabiliza, mostrando suaves ondulaciones cuyas amplitudes crecen con el tiempo. Utilizando la aproximación de lubricación y adoptando adecuadas variables adimensionales, se obtiene una ecuación diferencial libre de parámetros que gobierna este tipo de flujo termocapilar. En este trabajo se presentan soluciones numéricas de dicha ecuación para estudiar en particular la etapa inestable. Se comparan los resultados obtenidos de los experimentos con los obtenidos de las soluciones numéricas.

[1] Contact line motion in axial thermocapillary outward flow, A. Dominguez Torres, J. R. Mac Intyre, J. M. Gomba, C. A. Perazzo, P. G. Correa, A. Lopez-Villa, A. Medina. Journal of Fluid Mechanics 892, A8 (2020)

## **FP-12** Modelo de Monte Carlo del fenómeno de resuspensión de micropartículas de vidrio y de explosivos (RDX) en un túnel de viento

Villagrán Olivares M C<sup>1</sup>, Silin N<sup>2</sup>, Sirur Flores A Y<sup>1</sup>, Uñac R<sup>1</sup>, Vidales A M<sup>1</sup>, Benito J G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INFAP, CONICET, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, D5700HHW, San Luis, Argentina

<sup>2</sup> Gerencia de Investigación Aplicada, Centro Atómico Bariloche, Bariloche, Argentina

El estudio del fenómeno de resuspensión de partículas, esto es, la reinserción a la atmósfera de partículas depositadas y adheridas sobre superficies es fundamental para entender y controlar muchos problemas en procesos tecnológicos, industriales y en problemáticas medioambientales. En este trabajo se presentan, en primer lugar, los resultados de simulaciones numéricas de Monte Carlo para el proceso de resuspensión de partículas de vidrio con forma esférica sobre una superficie también de vidrio y, como segunda etapa del estudio, se mostrarán los resultados preliminares del modelo desarrollado adaptado al estudio de partículas con forma irregular. En este último caso, las simulaciones fueron realizadas para partículas explosivas (RDX) sobre una superficie de vidrio [1].

Es importante destacar que el conjunto de datos experimentales con los cuales se contrasta el modelo incluyen experimentos desarrollados por investigadores que se encuentran en la bibliografía [1-2] así como también resultados experimentales propios, los cuales fueron realizados en un túnel de viento a escala de laboratorio en el

*Laboratorio de Ingeniería* del Instituto Balserio, para régimen de flujo laminar, por los autores de este trabajo.

En el caso de las micropartículas de forma irregular (partículas de RDX), el modelo numérico requiere un estudio detallado de las fuerzas aerodinámicas y de adhesión que intervienen en el fenómeno de resuspensión, así como también la caracterización adecuada de dichas partículas. Es importante mencionar que muy pocos estudios del fenómeno de resuspension incluyen partículas que no sean de forma esférica, por lo que estos resultados son relevantes para avanzar en un entendimiento más realista de este fenómeno y poder determinar la relevancia que la geometría tiene en el mismo.

[1] Kalyan Kottapalli Igor V. Novosselov (2019). Experimental study of aerodynamic resuspension of RDX residue, *Aerosol Science and Technology*, 53:5, 549-561.

[2] P. Fillingham, R.S. Vaddi, A. Bruning et al. (2021). Drag, lift, and torque on a prolate spheroid resting on a smooth surface in a linear shear flow, *Powder Technology* 377, 958-965.

## FP-13 **Monitoreo térmico en dispositivos microfluídicos**

Juarez A E<sup>1 2</sup>, Chej L G<sup>1 3</sup>, Carusela M F<sup>1 3</sup>, Monastra A G<sup>1 3</sup>, D'Onofrio A<sup>1 3</sup>, Freytes V M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> CONICET

<sup>2</sup> *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Grupo de Medios Porosos, Paseo Colón 850, 1063 Buenos Aires, Argentina*

<sup>3</sup> *Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento*

Se estudiaron esquemas para el desarrollo de dispositivos microfluídicos que optimicen capacidades de transferencia térmica. Actualmente existe un creciente interés en la investigación y desarrollo en el campo de la gestión térmica a nivel de chip, motivada por el incremento de potencia y los sistemas electrónicos pequeños. Los dispositivos de base microfluídica se presentan como una solución a este problema, ya que el decremento del diámetro hidráulico produce una mejora del coeficiente de transferencia de calor. El análisis de posibles arquitecturas debe incluir algunos factores básicos, definir materiales y geometrías óptimas para la estructura de microdispositivos, estudiar el comportamiento de diferentes fluidos como transporte de calor, y el monitoreo térmico de los dispositivos.

En este trabajo presentamos esquemas básicos de pruebas en plataformas microfluídicas. Principalmente utilizamos dispositivos microfluídicos en PDMS-Vidrio con insertos de cobre. Los insertos de cobre, conectados a una fuente de corriente, permiten modelar procesos térmicos en sistemas electrónicos. La variación en la corriente

aplicada genera diferentes condiciones de temperatura, así como la variación en las propiedades de flujo de fluidos en el microcanal (variación de caudal principalmente) genera diferentes condiciones de transporte de calor.

A fin de monitorear el proceso se trabajó con técnicas de fluorescencia, en particular se trabajó con soluciones de rodamina B, cuya fluorescencia es altamente dependiente de la temperatura. Se enfocó la emisión de un láser de frecuencia 532 nm sobre los microcanales de los dispositivos a estudiar y por los que fluye la solución de rodamina B, que al ser excitada por el láser emite fluorescencia y cuya intensidad es función de la temperatura de la muestra de fluidos. Los niveles de intensidad se registraron con una cámara de alta sensibilidad acoplada a un microscopio de banco. El mapeo de la intensidad dio un registro muy preciso del mapa de temperaturas a lo largo de los microcanales. Se llevó a cabo un análisis de imágenes determinando perfiles de temperatura a lo largo del canal para diferentes valores de corriente aplicada y para diferentes caudales del fluido transportador. Estas imágenes fueron contrastadas con resultados obtenidos mediante simulaciones utilizando la técnica de volúmenes finitos en el grupo "NEP & TP del Instituto de Ciencias - UNGS" replicando las mismas características y condiciones de funcionamiento del dispositivo microfluidico, que permitieron obtener un mapeo térmico detallado de las paredes del canal y el flujo de calor intercambiado en las mismas.

## FP-14 **Propiedades de las ondas rotantes con simetría helicoidal clasificadas por su velocidad de fase**

González R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Desarrollo Humano - Universidad Nacional de General Sarmiento*

En este trabajo se consideran ondas rotantes progresivas con simetría helicoidal. De la aplicación de la Propiedad Dinámica de los flujos de Beltrami, se deriva que sus propiedades pueden clasificarse por su velocidad de fase, la cual depende a su vez del número azimutal  $m$ . Esto nos permite ver, por ejemplo, cómo dependen las propiedades del momento angular transportado por la onda, de tal clasificación

# INDUSTRIA Y TECNOLOGÍA

## Charlas

Martes 27 de septiembre

14:00-14:20

Aula UAIN C

### Estudio de parámetros operacionales de una celda electroquímica de flujo para la reducción de $CO_2$ a CO en electrolito líquido

García Blanco A A<sup>1 2</sup>, Murcia-López S<sup>2</sup>, Díez-García M I<sup>2</sup>, Carretero N<sup>2</sup>, Morante J R<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> INFAP, CONICET, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, D5700HHW, San Luis, Argentina

<sup>2</sup> Catalonia Institute for Energy Research

El calentamiento global asociado al incremento del  $CO_2$  atmosférico ha promovido la actual transición energética hacia fuentes de energía renovables y procesos industriales con emisiones neutras de carbono a la atmósfera. Dentro de las tecnologías necesarias para alcanzar los objetivos de programas de disminución de emisiones como el Pacto Verde Europeo, la conversión y valorización del  $CO_2$  en combustibles o productos químicos de valor agregado es de gran relevancia. En años recientes, se vienen desarrollando estudios de electrolizadores de  $CO_2$  en celdas de flujo para su potencial industrialización [1,2]. Con el fin de pasar de estudios a escala laboratorio hacia condiciones relevantes a escala industrial, varios parámetros de operación de este tipo de celdas deben ser optimizados. En este trabajo analizamos algunas variables operacionales en una celda electroquímica de flujo con electrodos de difusión de gases de 10 cm<sup>2</sup>. Los estudios se realizaron con partículas de aleación Zn-Ag depositadas sobre un electrodo comercial de carbono como catalizador del cátodo. Los parámetros analizados en nuestro estudio fueron: el efecto de las condiciones de operación del flujo de gases respecto del electrodo de difusión de gases, el tipo de electrolito empleado, el flujo de gases y el efecto de un gas inerte. Los parámetros se analizan buscando optimizar la densidad de corriente de la celda y la eficiencia faradaica hacia CO. De igual forma, se analizó el comportamiento de un sistema de dos celdas acopladas en serie (respecto del flujo de gases de alimentación), encontrando que de esta forma se puede aumentar la conversión de  $CO_2$ , manteniendo eficiencias faradaicas a CO

mayores al 70 %.

Referencias:

1. Jeanty, O.; Scherer, C.; Magori, E.; Wiesner-Fleischer, K.; Hinrichsen, O.; Fleischer, M. J. CO2 Util., 24 (2018) 454-462.
2. Krause, R.; Reinisch, D.; Reller, C.; Eckert, H.; Hartmann, D.; Taroata, D.; Wiesner-Fleischer, K.; Bulan, A.; Lueken, A.; Schmid, G. Chem. Ing. Tech. 92 (2020) 53-61.

**Contacto:** Andrés Alberto García Blanco, aagarciabl@gmail.com **Código Identificador:** 9105

14:20-14:35

Aula UAIN C

## Estudio de la rotura de primera lámina de anillos de CFRP mediante ensayos no destructivos ultrasónicos

Bonelli Toro A<sup>1</sup>, Arcone D<sup>1</sup>, Cowes D<sup>2</sup>, Daverio N<sup>1</sup>, Gómez M<sup>2</sup>, Hazarabedian A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> División de Materiales Avanzados, Gerencia de Materiales, Gerencia de Área de Energía Nuclear, CNEA, Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup> Dpto. Coordinación Centro Internacional para Estudios de la Tierra, ICES, Gerencia Desarrollos Tecnológicos y Proyectos Especiales, Gerencia de Área Investigaciones y Aplicaciones No Nucleares, Buenos Aires, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Buenos Aires, Argentina

### Resumen

Los materiales compuestos reforzados con fibra (CRF) se utilizan en industrias con elevados requerimientos como la aeronáutica, aeroespacial y nuclear. Su versatilidad, dada por la orientación y largo de fibra y sus propiedades específicas, como la resistencia o rigidez específica, combinan un bajo peso en relación a sus prestaciones mecánicas. Habitualmente son utilizados como componentes estructurales o recipientes.

Dado el carácter heterogéneo de los CRF, la rotura se puede producir a partir de distintos modos de falla. Entre los más usuales se encuentra la rotura de matriz y/o de fibra, el despegado entre la fibra y la matriz, la delaminación o una combinación. A la hora de evaluar un componente, es deseable conocer qué tipo de falla se produce en función de la sollicitación mecánica generada sobre el mismo para analizar el comportamiento que tendría en servicio.

La delaminación es una de las fallas más habituales en los materiales compuestos. Puede iniciar y propagarse dentro del componente de manera imperceptible durante la fabricación por diversas causas (falta de curado o inserción de partículas indeseadas durante su fabricación). También puede ocurrir debido al daño por impacto, estrés

interlaminar, fatiga del componente, entre otros. La delaminación redistribuye las tensiones en el componente y debilita la resistencia y la rigidez, reduciendo la vida del material [1].

Los ensayos no destructivos (END) permiten determinar el estado del componente sin intervenir sobre el mismo ni producir ninguna alteración en sus propiedades mecánicas.

La emisión acústica (EA) es un método de END que registra las ondas elásticas que se propagan por la superficie de un sólido utilizando un sensor piezoeléctrico. Una de las mayores ventajas de este método radica en la posibilidad de sensor el fenómeno de interés en tiempo real. Las solicitaciones producidas generan fuentes de EA y a partir de la forma de onda registrada o de los parámetros de EA obtenidos, se puede deducir cuándo se produjo la falla en el material [2].

El ultrasonido (US), a diferencia de la EA, requiere la generación externa de una perturbación mecánica que se propaga en la muestra e interactúa con discontinuidades en su camino. Gracias a esto, se puede incidir la muestra en una matriz de puntos (barrido tipo C) y así caracterizar tanto la ubicación como el tamaño de los defectos. Esto produce como resultado una imagen que describe la integridad de la muestra [3].

En el presente trabajo se muestran los avances obtenidos en la detección de la rotura de primera lámina debido a la delaminación de un anillo de polímero reforzado de fibra de carbono (CFRP). Se utilizaron los métodos EA y US en un ensayo de disco partido bajo la norma ASTM D2290 [4]. Este ensayo permite calcular la resistencia circunferencial aparente de rotura de un anillo, obteniendo un valor estimado de cuál sería la presión a la que podría someterse un recipiente de este material sin que se produzcan fallas que alteren significativamente las propiedades mecánicas del componente. Durante el ensayo se colocaron sensores de EA, para estudiar a qué carga se comienzan a producir eventos de EA de manera masiva y detener la sollicitación mecánica. Posteriormente se realizó un ensayo de US para corroborar el estado externo e interno de la probeta ensayada.

## Referencias

- [1] Zheng J. et al. (2015), Delamination failure of composite containment vessels subjected to internal blast loading. *Composite Structures*, 130, 29736. [https://doi.org/10.1016/j.c](https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2015.08.011)
- [2] Grosse, C. U. (2008). *Acoustic Emission Testing*. Acoustic Emission Testing. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69972-9>
- [3] Krautkrämer J., Krautkrämer H., *Ultrasonic testing of materials?*. Springer. 2013.
- [4] ASTM 2290-12 (2012). *Standard Test Method for Apparent Hoop Tensile Strength of Plastic or Reinforced Plastic Pipe*

**Contacto:** Augusto Bonelli Toro, [augustobonellitoro@cnea.gov.ar](mailto:augustobonellitoro@cnea.gov.ar) **Código Identifi-**

cador: 8845

14:35-14:50

Aula UAIN C

## Desarrollo de materiales para baterías de ion-litio: Física computacional aplicada a la optimización de ánodos de silicio

Fernandez F<sup>1</sup>, Paz A<sup>2</sup>, Otero M<sup>1</sup>, Oviedo B<sup>2</sup>, Barraco D<sup>1</sup>, Leiva E<sup>2</sup><sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba, e Instituto de Física Enrique Gaviola, CONICET*<sup>2</sup> *Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Química Teórica y Computacional. INFIQC-CONICET*

El calentamiento global provocado por la quema de combustibles fósiles es el mayor problema ambiental que se enfrenta en este siglo. Uno de los objetivos planteados por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) es limitar el aumento de temperatura media a 1,5 °C. Esto requiere cambios en la tecnología y en el comportamiento humano, donde uno de los más importantes es que para 2050 el 80 % de la energía deberá ser suministrada por fuentes renovables. En esta transición energética los sistemas de almacenamiento y transporte de energía juegan un papel vital debido a la intermitencia de estas formas de generación de energía. Actualmente la opción más prometedora son las baterías de litio, sistemas que almacenan energía química y permiten obtener energía eléctrica en el momento que se desee. Las mismas tienen un interés económico, social y tecnológico particular para Argentina debido a ser uno de los países que integra, junto a Bolivia y Chile, el Triángulo de Litio que acumula el 70 % de las reservas mundiales de litio.

Una batería de litio está principalmente compuesta por dos electrodos, uno positivo (cátodo) y otro negativo (ánodo), en los cuales se almacena el litio en la carga o descarga de la batería, y un electrolito, por el cual migran los iones en dichos procesos. En cada una de estas componentes se realizan investigaciones científicas tanto experimentales como numéricas, buscando maximizar su rendimiento. Dentro de las simulaciones de física computacional que se pueden llevar a cabo para el estudio de materiales se encuentran las que se realizan con potenciales de interacción calculados a partir de primeros principios y las que emplean algún tipo de aproximación para estos potenciales.

Las baterías de litio de próxima generación requieren de un aumento en su capacidad de almacenar litio para suplir la demanda futura. En este sentido los ánodos de silicio se presentan como el mejor candidato debido a que poseen una capacidad teórica diez veces mayor que los ánodos actuales de grafito, además de ser un material barato, abundante y amigable con el medio ambiente. Sin embargo, el mismo presenta

grandes cambios estructurales y volumétricos, del orden del 300 %, que llevan a una disminución de su capacidad en los ciclos de carga/descarga sucesivos. En este trabajo se presenta el análisis de las trayectorias y las estructuras obtenidas mediante simulaciones computacionales de dinámica molecular, las mismas presentan concordancia al ser comparadas con resultados experimentales y de primeros principios. Este conocimiento a nivel atómico de la estructura permite diagramar estrategias para mitigar sus limitaciones y mejorar así su rendimiento.

**Contacto:** Francisco Fernandez, fernandezfrancisco2195@gmail.com **Codigo Identificador:** 8505

14:50-15:05

Aula UAIN C

## Estudio de los causales de falla en tubo ASTM A335 grado P1 de un generador de vapor acuotubular

Lanz C A<sup>1</sup>, Bergallo B O<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Ingenieria de la Universidad Nacional del Sur*

Se estudiara las razones de falla en un tubo de acero aleado que responde a la norma ASTM A 335 grado P1, que es un tubo fabricado sin costura para generadores de vapor, por su notable resistencia a la corrosión, buena resistencia a la tracción y resistencia a altas temperaturas. Las condiciones de servicio son 425°C y 13 MPa, La falla del tubo es del tipo de fisuras que se nuclean y desarrollan en la dirección longitudinal En los tubos dañados que se han extraído del equipo, se observan deposiciones de residuos internos que se analizaran por diversas técnicas. Se determinaran las propiedades mecánicas del material a través de ensayos de tracción (tensión de fluencia, resistencia mecánica y alargamiento porcentual a rotura) para observar la disminución o de las propiedades por efecto combinado de la presión, la temperatura y el tiempo en servicio. Se determinara la composición química mediante análisis espectrometrico .Se evaluara mediante análisis químicos la composición de los residuos depositado internamente, y determinar si pudo haber influido en el daño encontrado. Se realizara un estudio de la metalografía con el objeto de determinar su microestructura, el tamaño de grano y la morfología del daño. Se realizara la caracterización del mecanismo de daño por empleando el material bibliográfico de referencia.

**Contacto:** CESAR ARMANDO LANZ, clanz@uns.edu.ar **Codigo Identificador:** 8499

15:05-15:20

Aula UAIN C

# DISEÑO DE SENSORES DE PRESIÓN-VELOCIDAD DE PARTÍCULAS PARA POSIBLES USOS EN GEOFÍSICA Y/O EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN MATERIALES

García J<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Sabato - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica, Gerencia Desarrollo Tecnológico y Proyectos Especiales, Dpto. ICES - CAC, ARGENTINA

<sup>3</sup> Grupo de Emisión Acústica, Facultad Regional Delta, UTN, Buenos Aires, Argentina.

Al estudiar la propagación de ondas en fluidos como el aire es común medir las variaciones temporales de presión en alguna posición definida. Esta magnitud, normalmente medida con micrófonos, por ser escalar, resulta insuficiente para caracterizar el campo acústico. Cuando tanto presión como velocidad de las partículas son conocidas, intensidad e impedancia pueden ser determinadas y así caracterizar completamente un evento acústico [1]. En el presente trabajo se expone el estudio de un microdispositivo basado en sensores térmicos que permite medir la velocidad de las partículas acústicas. Cada dimensión vectorial consta de tres filamentos metálicos micrométricos paralelos entre sí. Uno de ellos funciona como calefactor temperaturas entre 200-400°C, y los otros dos, a ambos lados de este, actúan como sensores. Cuando una onda se propaga con dirección transversal a ambos, la velocidad de las partículas de aire altera la distribución de temperaturas y establece un flujo de calor por convección forzada que produce un gradiente térmico entre el primer y el segundo filamento. Como consecuencia se produce una variación de resistividad eléctrica entre ambos, que será proporcional a la velocidad del fluido, en este caso aire, y se puede medir con un circuito electrónico simple [2][3]. Se elaboró un modelo numérico del calefactor central y los dos filamentos sensores a ambos lados. Las simulaciones por métodos de elementos finitos (MEF) permitieron estimar la sensibilidad en términos del gradiente térmico entre filamentos en función de la incidencia de una onda acústica en un rango de frecuencias de 0 a 4000 Hz. Los parámetros geométricos como separación entre sensores, ancho de filamento, espesor y temperatura de calefactor se ajustaron con el modelo para maximizar la sensibilidad del dispositivo. Se construyó un prototipo utilizando técnicas de microfabricación en sala limpia. El patrón del dispositivo, de 2 x 2 mm, se transfirió a una oblea de 4 pulgadas de Si oxidada (SiO<sub>2</sub>) aplicando fotolitografía. Se depositó una capa de cromo de 200 nm donde se conformaron los filamentos metálicos con un proceso de lift-off. Los filamentos se liberaron con un proceso de Reactive Ion Etching (RIE), primero con un paso anisotrópico mediante plasma de C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> para eliminar la capa de SiO<sub>2</sub> y luego con un plasma de SF<sub>6</sub> para eliminar el Si, sobre un área establecida que permitió crear canales de 100 - 200 um

de profundidad [4]. Los prototipos se midieron en una Probe Station para determinar la resistividad eléctrica de los filamentos, temperatura de calefactor y comparar los resultados reales con los simulados. Las aplicaciones del dispositivo están orientadas al rango audible e infrasonido.

Palabras Clave: Velocidad de partículas, Flujo de calor, Micro-dispositivos, sala limpia.

Referencias:

[1]F. Jacobsen and H.-E. de Bree, "A comparison of two different sound intensity measurement principles," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 118, no. 3, pp. 1510-1517, 2005, doi: 10.1121/1.1984860.

[2]H. De Bree, T. Korthorst, H. V Jansen, and T. S. J. Lammerink, "The  $\beta$ -flown: A Novel Device Measuring Acoustical Flows," no. January, 1995.

[3]H. H. Bruun, "Hot-Wire Anemometry: Principles and Signal Analysis," *Measurement Science and Technology*, vol. 7, no. 10. 1996, doi: 10.1088/0957-0233/7/10/024.

[4]M. Kazar Mendes, C. Ghouila-Houri, S. Hammami, T. Arnoult, P. Pernod, and A. Talbi, "Optimization of Reactive-Ion Etching (RIE) parameters to maximize the lateral etch rate of silicon using SF<sub>6</sub>/N<sub>2</sub> gas mixture: An alternative to etching Si in MEMS with Au components," *Mater. Lett.*, vol. 285, no. xxxx, p. 129058, 2021, doi: 10.1016/j.matlet.2020.129058.

**Contacto:** Joaquin Garcia, joaquinaicrag@gmail.com **Codigo Identificador:** 8939

15:20-15:55

Aula UAIN C

## NUEVOS DESARROLLOS EN LITOGRAFÍA UV Y APLICACIONES: DESARROLLANDO EQUIPOS DE MICROFABRICACIÓN DESDE CERO

Neñer L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MUTECH Microsystems.

En la presente charla les contaré respecto al estado del arte de distintas técnicas de fotolitografía UV, las ventajas y desventajas de cada una y como se utilizan en aplicaciones de microfabricación. Se hará un análisis técnico de los desafíos presentes en el desarrollo de un sistema de litografía láser de nivel comercial, haciendo foco en el

equipo desarrollado y cómo se resolvieron estos problemas en la práctica. Se explicará con detalle las distintas técnicas y desarrollos de software y hardware aplicados en el mismo. Finalmente les contaré acerca de una aplicación concreta donde la versatilidad de la litografía directa resultó en un desarrollo de microfabricación en tiempo récord.

**Contacto:** Lucas Neñer, lucassiglo21@gmail.com **Código Identificador:**

**Miércoles 28 de septiembre**

14:00-14:35

Aula UAIN C

## RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN EN DISPOSITIVOS CUÁNTICOS UTILIZANDO LA ARQUITECTURA PARITY

Dominguez F<sup>1</sup>, Ertler C<sup>1</sup>, Lechner W<sup>123</sup>

<sup>1</sup> Parity Quantum Computing Germany GmbH, Ludwigstraße 8, 80539 München, Germany

<sup>2</sup> Parity Quantum Computing GmbH, A-6020 Innsbruck, Austria

<sup>3</sup> Institute for Theoretical Physics, University of Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Austria

### Resumen

La Arquitectura Parity es una nueva forma de codificar problemas de optimización en dispositivos de computación cuántica (digitales y analógicos) que reduce la complejidad de las operaciones de control de los qubits y por lo tanto facilita el diseño de dispositivos escalables. La arquitectura está basada en la transformación de paridad, que mapea las interacciones de grafos e hipergrafos en un arreglo regular de qubits que solo requiere de conectividad local. El resultado es el diseño de un chip cuántico que puede ser implementado en diferentes plataformas experimentales (como átomos fríos, qubits superconductores o trampas de iones) y que permite resolver problemas de optimización con algoritmos paralelizables y de profundidad constante.

En esta presentación, introduciremos los principios fundamentales de la Arquitectura Parity y mostraremos las ventajas que ofrece para resolver problemas complejos y de gran importancia económica. Discutiremos además algunos de los desafíos más importantes que enfrenta el desarrollo de la computación cuántica y cómo la Arquitectura Parity permite enfrentar estos desafíos y lograr la implementación masiva de soluciones cuánticas en la industria.

[1] W Lechner, P Hauke, P Zoller (2015). A quantum annealing architecture with all-to-all connectivity from local interactions. *Science advances*, 1(9), e1500838. [2] W Lechner (2020). Quantum approximate optimization with parallelizable gates. *IEEE Transactions on Quantum Engineering*, 1, 1-6. [3] K Ender, R ter Hoeven, B E Niehoff, M Drieb-Schön, W Lechner (2021). Parity Quantum Optimization: Compiler. *arXiv preprint arXiv:2105.06233*. [4] M Fellner, K Ender, R ter Hoeven, W Lechner (2021). Parity Quantum Optimization: Benchmarks. *arXiv preprint arXiv:2105.06240*.

**Contacto:** Federico Dominguez, dominguez.federicodaniel@gmail.com **Código Identificador:**

14:35-14:50

Aula UAIN C

## Conmutación resistiva en nanocompuestos basados en nanohilos de plata para computación neuromórfica.

Díaz Schneider J I<sup>1 2</sup>, Martínez E D<sup>1 2 3</sup>, Levy P E<sup>4 5</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> División Dispositivos y Sensores, Centro Atómico Bariloche, CNEA, Argentina.

<sup>4</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)

<sup>5</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada, CAC, CNEA-CONICET

La implementación en software de Redes Neuronales Artificiales ha logrado grandes avances en el área de Machine Learning. Sus resultados en tareas de identificación, clasificación y organización de datos son comparables a los realizados por los seres humanos. Sin embargo, al utilizar dispositivos electrónicos tradicionales como soporte físico para realizar este tipo de tareas, se obtiene un desempeño muy inferior al compararlo con sistemas biológicos en aspectos como la velocidad de procesamiento de información, la capacidad de aprendizaje y el consumo energético. La tendencia actual para el desarrollo de nuevas tecnologías en computación apunta a la construcción de sistemas físicos capaces de emular funciones biológicas utilizando un gran número de unidades de procesamiento. Los dispositivos con propiedades memristivas poseen resistencia eléctrica multivaluada con memoria no volátil, siendo capaces de emular la sinapsis biológica. Para intentar imitar el comportamiento del cerebro es necesario disponer de un número elevado de dispositivos que emulen la sinapsis.

En este trabajo se estudiaron dispositivos formados por redes autoensambladas de nanohilos de plata (AgNWs), polivinilpirrolidona (PVP) y polimetilmetacrilato (PMMA) con propiedades memristivas en interfase metal-polímero. Para fabricar los dispositivos, se utilizaron AgNWs recubiertos por PVP, sintetizados por el método polioli, dispersados en una solución de PMMA y depositados por Spin-Coating. Se caracterizó química y microestructuralmente el sistema a partir de diversas técnicas. Mediante técnicas de microfabricación, se contactaron los dispositivos y se estudió el comportamiento eléctrico, observándose comportamientos memristivos con marcada dependencia de la presencia de agua en el mismo y potenciales aplicaciones en sistemas neuromórficos.

Palabras Clave: Memristor, Neuromórfico, Nanohilos, Nanocompuestos

**Contacto:** Juan Ignacio Diaz Schneider, juani18071996@gmail.com **Código Identificador:** 8942

14:50-15:05

Aula UAIN C

## Detección simultánea de blancos en radares pasivos multiestáticos mediante métodos algebraicos y técnicas de aprendizaje automático

Almeira N<sup>1</sup>, Melon Fuksman D<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Falco Processing S.A.S.*

Los radares pasivos son sistemas de radar que no emiten radiación, y en su lugar dependen de la reflexión de ondas electromagnéticas emitidas por fuentes de oportunidad, como pueden ser antenas de radio o TV. Debido a su indetectabilidad y relativo bajo costo, este tipo de radares es de gran interés estratégico para diversas aplicaciones civiles y militares relacionadas al control del espacio aéreo. En este trabajo desarrollamos métodos de posicionamiento de blancos en 2D y 3D aplicables a radares pasivos multiestáticos, es decir, radares capaces de medir reflexiones originadas en múltiples fuentes de oportunidad en simultáneo. En particular, construimos nuevos métodos algebraicos de distinto costo y precisión capaces de medir en tiempo real las coordenadas y la altitud de un número arbitrario de blancos dadas las mediciones simultáneas de las reflexiones producidas por al menos 3 fuentes de oportunidad. Los mismos métodos permiten estimar con buena precisión el error de medición. Usando parámetros realistas para las propiedades de radares pasivos desarrollados por FALCO Processing y Stratum Labs, modelamos la detección de aviones en el espacio aéreo de la ciudad de Bariloche y alrededores, y realizamos predicciones para la detección simultánea de múltiples blancos. De manera complementaria, desarrollamos métodos de posicionamiento basados en técnicas de aprendizaje automático, capaces de producir estimaciones con mayor precisión que los mencionados métodos algebraicos.

**Contacto:** Nahuel Almeida, nahu1990@gmail.com **Código Identificador:** 8699

15:05-15:20

Aula UAIN C

## Mediciones no invasivas para aplicaciones industriales con la interferencia de baja coherencia

Cerrotta S<sup>1</sup>, Torga J R<sup>1</sup>, Morel E N<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Grupo de Fotónica Aplicada ? Facultad Regional Delta ? Universidad Tecnológica Nacional*

La búsqueda en aplicar técnicas de medición ya existentes, o incluso de desarrollar técnicas novedosas, que se adapten a las necesidades requeridas en el ámbito industrial es de vital importancia para el desarrollo científico-tecnología de una región o país. Si bien es necesaria una inversión económica inicial y cierta cultura tanto por la parte de las instituciones demandantes (Empresas privadas y/o públicas, PyMes, Estado, etc) como así también por los organismos de investigación y desarrollo (Universidades, Institutos, laboratorios) son sin lugar a dudas estos procesos innovadores los que generan mayor valor agregado a sistema productivo [1]. Desde el Grupo de Fotonica Aplicada (GFA) de la Facultad Regional Delta de la Universidad Tecnológica Nacional, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Campana, Buenos Aires y rodeada de un gran polo industrial (Petro química, autopartistas, metalmecánica, Nucleoelectricas, etc) se viene trabajando en esta dirección hace ya más de 20 años. Dentro del área de interferometría se trabaja en adaptar la Interferencia de baja coherencia (LCI) o también llamada de Tomografía Óptica Coherente (OCT), la cual es una técnica optica biomédica no invasiva que permite realizar imágenes tridimensionales de una muestra, para aplicaciones industriales [2]. En especial la técnica de LCI en el dominio de las frecuencias (FD-LCI) surgió dentro del ámbito de la medicina y permite realizar mediciones con resolución micrométrica tanto en la superficie de materiales opacos como en el interior de muestras semitransparentes en tiempo real, sin contacto y de milímetros como rango máximo. Siendo estas características muy atrayentes para la industria. A lo largo de estos años hemos realizado distintos tipos exitosos de desarrollos [3][4], servicios, informes técnicos, consultorías y caracterizaciones para empresas de film, microsensores, pinturas, plásticos. Sin embargo, para algunas aplicaciones como mediciones de diámetros internos de envases y/o botellas o incluso placas plásticas de varias interfases el rango máximo de milímetros es una limitación. La mayoría de estos solicitantes manifestaron que les convendría tener un equipo propio pero que el valor económico actual lo dificultaba. Si bien existen formas de extender el rango de medición implica el uso de fuentes de luz sintonizables que incrementa considerablemente el costo del equipo. Es por estos motivos que desde GFA diseñamos y desarrollamos nuevos detectores para la técnica FD-LCI que extiendan el rango y que mantenga la viabilidad de equipos de bajo costo (low cost). En este trabajo presentamos una aplicación de nuevo detector novedoso [5] de bajo costo que permite medir de manera no invasiva rangos de varios centímetros con resolución micrométrica. Su funcionamiento se basa en muestrear la transformada de Fourier de manera analógica de la señal de interferencia utilizando un segundo interferómetro con una rama de largo variable. Se muestra una medición que permite relevar todas las distancias características de placas de vidrio de espesores de cientos de micrones y de milímetros separadas varios centímetros. Con gran potencial para aplicaciones en

la caracterización de parabrisas y de envases.

[1] L. Ciencia, Tecnología y Política y tecnología en Argentina , pp. 0710, 2019. [2] N. A. Russo, E. N. Morel, J. R. Torga, and R. Duchowicz, Dimensional characterization of large opaque samples and microdeformations by low coherence interferometry, *Opt. Eng.*, vol. 59, no. 01, p. 1, 2020, doi: 10.1117/1.oe.59.1.014112. [3] S. Cerrotta, E. N. Morel, F. C. Alvira, and J. R. Torga, Large axial range frequency-domain optical low coherence interferometry, *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol. 31, no. 2, 2019, doi: 10.1109/LPT.2018.2883207. [4] L. J. Cusato, S. Cerrotta, J. R. Torga, and E. N. Morel, Extending low-coherence interferometry dynamic range using heterodyne detection, *Opt. Lasers Eng.*, vol. 131, no. December 2019, p. 106106, 2020, doi: 10.1016/j.optlaseng.2020.106106. [5] S. Cerrotta, J. R. Torga, and E. N. Morel, Time Fourier Domain Low Coherence Interferometry, pp. 374, 2022, doi: 10.1038/srep01709.S.

**Contacto:** Santiago Cerrotta, cerrottasantiago@gmail.com **Codigo Identificador:** 9060

15:20-15:55

Aula UAIN C

## “Quantum software” o ¿cómo programar una computadora cuántica?.

Segnorile H<sup>1</sup> <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación - UNC.*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola - CONICET*

Las computadoras cuánticas forman parte de las tecnologías prometedoras que emergen dentro de lo que se está llamando *la segunda revolución cuántica* [1]. Dichas computadoras se basan en el aprovechamiento de fenómenos sutiles como la superposición de los estados cuánticos, las correlaciones cuánticas (entre ellas el entrelazamiento), etc. La potencia de cómputo que ofrecen estos dispositivos, al menos desde la teoría, podría resolver en un tiempo razonable tareas que les llevaría años (¿siglos o milenios?) o que les serían imposibles a los ordenadores convencionales (clásicos) [2, 3, 4]. Esta capacidad de procesamiento les permitiría potenciar tareas como la simulación de sistemas físicos complejos, aplicables al diseño de nuevos materiales o fármacos, el estudio de la dinámica intrincada del cuerpo humano y el cerebro, la inteligencia artificial, etc. Por otro lado, también podrían ser utilizadas para descifrar las claves de los sistemas de seguridad actuales, con el consiguiente riesgo de acceso a la información privada de individuos y organismos financieros o gubernamentales, que harían de esta tecnología un factor determinante de la ciberseguridad del futuro (¿no tan lejano?) o como dispositivo bélico informático. Debido a la importancia

estratégica del desarrollo de los procesadores cuánticos, hay un enorme interés por parte de gobiernos e instituciones privadas en la obtención de estas tecnologías, los cuales han hecho inversiones económicas importantes en estos años.

En esta charla, primero se hará una breve exposición de varios de los sistemas físicos o del “hardware” que se está utilizando como soporte o desarrollo de la computación cuántica (la cual todavía está en pañales), en particular sobre aquellos que algunas empresas ya comercializan o rentan para su utilización, como ser IBM, Google, D-Wave, ParityQC [5], entre otras. A continuación, exploraremos algunas de las opciones ya disponibles en internet que dichas empresas nos brindan para poder acceder a los ordenadores o “servers” cuánticos, sea como particulares entusiastas, centros de investigación, empresas, etc., y así poder aprender sobre estos sistemas y nuevas tecnologías, o desarrollar algoritmos cuánticos para resolver determinadas tareas elementales. Esto nos llevará a preguntarnos: ¿cómo se programa una computadora cuántica?, ¿en qué lenguaje o “software” se escribe el código?, ¿qué tareas se pueden realizar?, ¿puedo correr mi código en una computadora cuántica real?, con lo cual cerraremos la exposición abordando dichos interrogantes.

[1] A.G.J. MacFarlane, J.P. Dowling, and G.J. Milburn. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 361(1809):1655–1674, 2003.

P.W. Shor. In *Proceedings 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*, pages 124–134, 1994.

A. Ekert and R. Jozsa. *Rev. Mod. Phys.*, 68:733–753, Jul 1996.

P.W. Shor. *SIAM Review*, 41(2):303–332, 1999.

<https://quantum-computing.ibm.com/>; <https://quantumai.google/>; <https://www.dwavesys.com>  
<https://parityqc.com/>.

**Contacto:** Héctor H Segnorile, [segnoh@gmail.com](mailto:segnoh@gmail.com) **Código Identificador:**

## Jueves 29 de septiembre

14:00-14:35

Aula UAIN C

# ¿Que necesito para generar un emprendimiento disruptivo y escalable de base científica?

Manavela Chiapero E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *General Partner en CITES.*

La pandemia, junto a los enormes desafíos del cambio climático, han vuelto a poner el foco en resolver los grandes problemas de la humanidad. Los fondos de capital

emprendedor en el mundo están empezando a correr el foco de los emprendimientos de “pizza delivery” hacia los de tecnología profunda o “DeepTech”. Estamos en un momento único para poner los desarrollos de tecnología dura (STEM) al servicio de las grandes necesidades globales no resueltas de la industria y la sociedad. En esta charla veremos que necesitás preparar para apuntar a este tipo de financiamiento como el que CITES proporciona y por qué los fondos de capital emprendedor pueden ser la mejor forma para llevar tus desarrollos tecnológicos al mercado global.

**Contacto:** Ezequiel Manavela Chiapero, emanavela@cites-gss.com **Código Identificador:**

14:35-14:50

Aula UAIN C

## Paneles Solares Espaciales y Vinculación tecnológica

Garcia-Scrigna J A<sup>1 2</sup>, Socolovsky H P<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento Energía Solar - GlyA - CNEA

<sup>2</sup> Escuela de Ciencia y Tecnología - UNSAM

El Departamento Energía Solar (DES) de la Comisión Nacional de Energía Atómica se dedica, desde fines de la década del 90, al desarrollo de paneles solares para uso espacial. Desde entonces ha integrado los paneles solares de las misiones del estado nacional SAC-D/Aquarius, SAOCOM 1A y SAOCOM 1B. Actualmente se encuentra integrando los paneles solares de la próxima misión nacional de investigación, el SABIAMAR. Cabe mencionar que estas misiones, llamadas grandes misiones satelitales, son desarrolladas, financiadas y gestionadas por Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) del estado nacional, por lo que difícilmente se entienda esto como vinculación y transferencia tecnológica a la industria. Sin embargo, durante los últimos años el DES ha realizado pequeñas vinculaciones tecnológicas a empresas privadas en lo que se refiere a paneles solares espaciales y otros desarrollos relacionados (sensores gruesos de posición, caracterización de elementos de uso espacial, etc.). Este trabajo repasa la historia de las vinculaciones tecnológicas del DES, y que fue lo que permitió llegar a ellas. También se muestran los proyectos actuales en esta materia, los cuales incluyen a universidades y empresas privadas de alto impacto tecnológico. En base a estos proyectos, se repasan los problemas encontrados que dificultaron la vinculación durante el desarrollo de los mismos y se muestran las soluciones implementadas. En base a la experiencia adquirida se sugieren estrategias para fomentar estas clases de proyectos y generar vinculadores tecnológicos dentro del sistema tecnológico nacional.

**Contacto:** Javier Andrés García, frances83@gmail.com **Código Identificador:** 8518

14:50-15:05

Aula UAIN C

## Conteo de huevos de mosquitos con redes neuronales de convolución

Urbano Pintos N<sup>1 2</sup>, Lacomí H A<sup>1 3</sup>, Donato C E<sup>1</sup>, DAcurso V<sup>1</sup>

<sup>1</sup> División Radar Láser - Dto. LASER - DEILAP (CITEDEF-CONICET)

<sup>2</sup> Grupo TAMA - Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Haedo

<sup>3</sup> Grupo ASE - UTN Facultad Regional Haedo

Para disminuir la transmisión de enfermedades infecciosas como el Zika, Dengue y Chikungunya, es necesario poder cuantificar la población de mosquitos que está involucrada en dicha transmisión, y de este modo determinar la distribución de población y los hábitos de reproducción. Es por ello que es necesario obtener información sobre la cantidad de huevos de mosquitos en los lugares donde se desarrollan. En la mayoría de los casos, el conteo de mosquitos se hace de forma manual, ya que, se encuentran en sitios alejados de laboratorios o instituciones que tengan el equipamiento necesario. Las muestras se toman en papeles secantes, donde se hallan más de 2000 huevos, los mismos tienen la forma de un grano de arroz y un tamaño del orden del milímetro, lo cual hace que el conteo manual sea muy tedioso.

El software web MECVISION[1], aborda el problema del conteo utilizando un procesamiento de imágenes basado en la binarización, y la detección de borde[2], además realiza un filtrado de los objetos de menor tamaño. Este método obtiene buenos resultados en probetas donde los huevos se encuentran separados, pero en imágenes donde se presentan un amontonamiento de los mismos, el algoritmo presenta una tasa de error alta, ya que es incapaz de identificar la cantidad de huevos, cuando se encuentren montados o pegados entre sí. Para solucionar este problema, MECVISION aplica un algoritmo de estimación de huevos para los casos en donde hay agrupamiento, calculando la cantidad de huevos a partir del tamaño medio.

En este trabajo, se desarrolló un algoritmo basado en aprendizaje profundo, a partir de redes neuronales de convolución[2]. En primer lugar, se creó un conjunto de datos denominado "Mosquitos Dataset", donde se obtuvieron más de 10 mil imágenes de 32x32 píxeles, con huevos de mosquitos, con diferentes cantidades y posiciones, se realizó un etiquetado, contando la cantidad de huevos presente en cada imagen. A partir de este conjunto de datos, se entrenó a un modelo de convolución con una arquitectura VGG16[3], para reconocer 7 clases, cada clase representa la cantidad de huevos que se encuentran en la imagen, desde ningún huevo, hasta 6 huevos.

Gracias a este método se logró reducir la tasa de error en imágenes donde se producen amontonamiento de huevos, ya que el algoritmo es capaz de identificar mosquitos que se encuentren juntos o montados.

## Referencias

- [1] Patnaik, Srikanta, Yeon-Mo Yang. *Soft Computing Techniques in Vision Science*. Springer Berlin, 2014.
- [2] Abtassociates. 'Abtassociates/Mecvision: A PWA That Uses Opencv.js and Vue.js to Locally Count Mosquito Eggs in Offline Environments.' GitHub, <https://github.com/abtasso>
- [3] Aloysius, N., Geetha, M. (2018). A review on deep convolutional neural networks. *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2017, 2018-Janua*, 588?592. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2017.8286426>
- [4] Liu, S., Deng, W. (2016). Very deep convolutional neural network based image classification using small training sample size. *Proceedings - 3rd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition, ACPR 2015, 730?734*. <https://doi.org/10.1109/ACPR.2015.748659>

**Contacto:** Héctor Alberto Lacomí, [hacomí@gmail.com](mailto:hacomí@gmail.com) **Código Identificador:** 8709

15:05-15:20

Aula UAIN C

## DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE ESTUDIO PARA LAS PROPIEDADES DE LA SIDRA POR ESPECTROSCOPIA DE IMPEDANCIA. INNOVACION METODOLOGICA EN EL CONTEXTO DE LA QUIMICA VERDE.

Balmaceda F J<sup>1 2</sup>, Uthurry C A<sup>1</sup>, Frechero M A<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Centro de Investigaciones y Transferencia de Río Negro (Villa Regina CIT RIO NEGRO) ? CONICET ? UNRN*

<sup>2</sup> *Instituto de Química del Sur, Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 8000, Argentina*

En este trabajo estudiamos la aplicación de la espectroscopía de impedancia eléctrica (EIS, su acrónimo en inglés), para el análisis fisicoquímico de sidras. Las técnicas tradicionales de análisis de alimentos suelen ser costosas y requieren tiempos prolongados desde la preparación de la muestra hasta obtener los resultados, y en general, son destructivas. Muchas investigaciones se han enfocado en el estudio de métodos no destructivos y rápidos para monitorear alimentos. La EIS, también llamada espectroscopía dieléctrica, es una técnica que permite estudiar las propiedades eléctricas de materiales tanto inorgánicos como biológicos, mediante la perturbación con señales eléctricas alternas a diferentes frecuencias, midiendo las señales de respuesta. Es segura, no invasiva, rápida, portable, sencilla de usar y de bajo costo, lo que la hace más atractiva para la industria alimentaria, tanto en la caracterización de materias primas, alimentos procesados, así como en el seguimiento de los procesos de manufactura [1-3]. En este contexto, desarrollamos e implementamos el estudio de las propiedades

dieléctricas de un conjunto de muestras de sidras argentinas tanto industriales como artesanales (también caldos base), para evaluarlas como una alternativa al análisis químico tradicional que se realiza para determinar su caracterización. En esta propuesta se analizaron químicamente etanol, acidez total, acidez volátil, azúcar, densidad, extracto seco, cenizas y anhídrido sulfuroso, parámetros de interés en el sector por su relación con la calidad y el cumplimiento del producto con el Código Alimentario Argentino. Se estudiaron la efectividad de modelos matemáticos (circuitos equivalentes) que permiten interpretar la información obtenida de la EIS y, determinamos su correlación con los datos químicos tradicionales. Trabajamos sobre 12 muestras de sidras industriales, empleamos un impedancímetro Hioki IM 3570 Impedance Analyzer con electrodos de cobre en una primera etapa, con una celda de 10 ml, en un rango de frecuencia de 1KHz a 5 MHz, a temperatura ambiente y sobre sidra congelada. Como las sidras son gasificadas, presentan interfaz gas/líquido, por esta razón se realizaron las medidas eléctricas en diversos escenarios para determinar la condición de menor interferencia. Hasta el momento hemos trabajado sobre un promedio de diez mediciones cada 5 minutos. A partir de los valores obtenidos, se construyeron diagramas de Bode para correlacionar con las características fisicoquímicas establecidas.

[1] OIV (Organisation Internationale de la Vigne et du Vin). Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts (2 vol.), occurrence 2015. URL: <http://www.oiv.int/en/normas-y-documentostecnicos/metodos-de-analisis/compendio-de-los-metodos-internacionales-de-analisis-de-los-vinos-y-de-losmostos-2-vol.> [2] ?ywi-ca, R., Banach, J. K. (2015). Simple linear correlation between concentration and electrical properties of apple juice. *Journal of Food Engineering*, 158, 8-12. [3] Juansah, J., Budiastira, W., Dahlan, K., Seminar, K. (2012). The prospect of electrical impedance spectroscopy as nondestructive evaluation of citrus fruits acidity.

**Contacto:** Fátima Joana Balmaceda, fatimabalmaceda13@gmail.com **Código Identificador:** 8632

15:20-15:55

Aula UAIN C

## DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES PARA LA TECNOLOGÍA DE IMÁGENES POR RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR A CAMPOS MAGNÉTICOS DE BAJA INTENSIDAD.

Anoardo E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Famaf - UNC e IFEG - CONICET

La técnica de imágenes por resonancia magnética nuclear (MRI por sus siglas en inglés) se ha establecido como una de las de mayor efectividad para diagnóstico biomédico.

La performance de ésta para lograr imágenes de alta calidad se ha desarrollado principalmente de la mano de imanes superconductores de alta intensidad (3T-7T). Sin embargo, esta tendencia encuentra una limitación importante asociada al costo del instrumental, lo que restringe estas facilidades a pocos centros de salud en grandes ciudades. Esto ha disparado una intensa actividad en el campo académico e industrial, enfocada en el logro de imágenes de buena calidad a campos magnéticos de baja intensidad (menores a 0.5T).

La tecnología MRI esta basada en tres pilares fundamentales: hardware, mecanismos de contraste (físicos y químicos) y post-procesamiento de datos. La primera refiere a la instrumentación, donde las limitantes principales son los costos y la eficiencia del diseño para lograr imágenes de buena calidad. Más allá de los avances en instrumentación de los últimos años, el foco de desarrollo de estos aparatos de bajo costo se centra en la unidad generadora de campo magnético. Hoy, nuevos materiales magnéticos y geometrías multipolares han permitido lograr resultados muy alentadores [1,2]. Incluso ensayos con electroimanes han mostrado muy buenos resultados [3]. En esta charla vamos a comentar cómo la tecnología de campo magnético ciclado se entrelaza con esta tendencia [4].

Por mecanismos de contraste entendemos agentes químicos o manipulaciones físicas del sistema de espines nucleares que permiten modular el contraste de la imagen. Se mostrará un ejemplo de un contraste activo [5] utilizando un relaxómetro MRI de diseño propio [4]. Por otro lado, el poder de cómputo actual permite la ejecución de complejos algoritmos en tiempos despreciables comparados con los involucrados en la adquisición de las señales de RMN. A modo de ejemplo, se mostrará un método de corrección dual que permite corregir una imagen adquirida en condiciones de alta inhomogeneidad espacial e inestabilidad temporal de un campo magnético de baja intensidad [6].

[1] T. O'Reilly et al., Magn. Reson. Med. 85, 495 (2021). [2] C. Z. Cooley et al., Nat. Biomed. Eng. DOI: 1038/s41551-020-00641-5 (2021). [3] S. Lother et al., MAGMA 29, 691 (2016). [4] J. A. Romero, G. G. Rodriguez and E. Anoardo, J. Magn. Reson. 311, 106682 (2020). [5] G. G. Rodriguez and E. Anoardo, IEEE Trans. Instrum. Meas. 70, 4501608 (2021). [6] G. G. Rodriguez, A. Salvatori and E. Anoardo, Magn. Reson. Imag. 87, 157 (2022).

**Contacto:** Esteban Anoardo, eanoardo@unc.edu.ar **Codigo Identificador:**

## Sesiones de Posters

- Martes 27/9: IT-1 a IT-28.
- Miércoles 28/9: IT-29 a IT-57.

## IT-1 Activación y caracterización de biocarbones producidos a partir de desechos de la industria cervecera

Raviolo S<sup>1</sup>, Oliva M I<sup>1 2</sup>, Luque G L<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Grupo Ciencia de Materiales, Córdoba Argentina.

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Físico-Químicas de Córdoba, CONICET-UNC

En los últimos años se han realizado numerosos esfuerzos para reemplazar los carbones convencionales (provenientes en su mayoría de fuentes fósiles) por biocarbones obtenidos a partir de distintas fuentes de biomasa [1-3]. Estos biocarbones cuentan con la ventaja de provenir de fuentes renovables y abundantes en el planeta, y, además, se pueden obtener de desechos industriales, con lo cual se revaloriza y reutiliza un residuo. Así mismo, en las últimas décadas, el estudio de diversos carbones activados (C.A.) ha sido de gran interés debido a su multiplicidad de aplicaciones en diferentes áreas. En especial, ha llamado la atención debido a las posibles soluciones que conlleva para la actual crisis climática y energética, a causa de su utilidad en, por ejemplo, el almacenamiento de hidrógeno [4], en celdas solares [5], en la absorción de dióxido de carbono [6], en el tratamiento de aguas contaminadas [7], entre otras. Es en este marco que hemos decidido poner nuestro foco de estudio en los biocarbones activados provenientes de los granos que forman parte del residuo de la industria cervecera (BSG, por sus siglas en inglés: brewer's spent grains). Este desecho representa aproximadamente el 85% del subproducto total del proceso de elaboración de la cerveza con una producción mundial anual de  $30 \times 10^6$  toneladas [8]. Es por esto que sería de gran impacto poder dar un re-aprovechamiento a este residuo. En este trabajo nos hemos enfocado en la producción y caracterización de biocarbones proveniente de BSG activados en distintas condiciones. Para esto, se realizó un estudio detallado, variando los distintos parámetros que intervienen en el proceso de activación con el objetivo de optimizar el área de los carbones obtenidos. La morfología de los carbones fue caracterizada mediante el microscopio de barrido electrónico, en donde se pueden observar las diferentes estructuras que adopta el material carbonoso en función del proceso de activación. Las muestras también se caracterizaron mediante espectroscopía Raman y difracción de rayos X para comparar el grado de grafitización de las mismas y evaluar la presencia de otros materiales dentro de la estructura carbonosa. Así mismo, se realizaron isotermas de adsorción de  $N_2$  con las cuales se obtuvieron las distintas áreas superficiales y las distribuciones de diámetro de poro.

## Referencias

- [1] Zhao, W., et al. Synthesis and characterization of Pt-N-doped activated biocarbon composites for hydrogen storage. *Composites Part B: Engineering*, 2019, vol. 161, p. 464-472.
- [2] Brito, Gilberto Maia, et al. High-performance of activated biocarbon based on agricultural biomass waste applied for 2, 4-D herbicide removing from water: adsorption, kinetic and thermodynamic assessments. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 2020, vol. 55, no 9, p. 767-782.
- [3] Wang, Fangping, et al. MoS<sub>2</sub>/corn-cob-derived activated carbon for supercapacitor application. *Materials Chemistry and Physics*, 2020, vol. 244, p. 122215.
- [4] Wang, Huanlei; GAO, Qiuming; HU, Juan. High hydrogen storage capacity of porous carbons prepared by using activated carbon. *Journal of the American Chemical Society*, 2009, vol. 131, no 20, p. 7016-7022.
- [5] Imoto, Kiyooki, et al. Activated carbon counter electrode for dye-sensitized solar cell. *Electrochemistry*, 2003, vol. 71, no 11, p. 944-946.
- [6] Shafeeyan, Mohammad Saleh, et al. A review on surface modification of activated carbon for carbon dioxide adsorption. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2010, vol. 89, no 2, p. 143-151.
- [7] Bhatnagar, Amit, et al. An overview of the modification methods of activated carbon for its water treatment applications. *Chemical Engineering Journal*, 2013, vol. 219, p. 499-511.
- [8] K. Vanreppelen, S. Vanderheyden, T. Kuppens, S. Schreurs, J. Yperman, R. Carleer, Activated carbon from pyrolysis of brewer's spent grain: production and adsorption properties, *Waste Manage. Res.* 32 (2014) 634-645.

## IT-2 ACTUALIZACIÓN Y MEJORA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTÓNOMA QUE OPERA EN LA UTN-FRH.

Lavorato M B<sup>1</sup>, Urbano Pintos N<sup>1 2</sup>, Kyanka S I<sup>1</sup>, Pagura M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo TAMA - Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Haedo

<sup>2</sup> División Radar Láser - Dto. LASER - DEILAP (CITEDEF-CONICET)

En base a un proyecto del año 2019 donde se puso en funcionamiento un prototipo de sistema de control de una estación meteorológica automática y autónoma; se presenta una actualización de la misma con notables mejoras. En primer lugar, se cambió la unidad de control y procesamiento dispuesto por un Arduino NANO, el inconveniente que presentaba este dispositivo era que se encontraba operando al límite de su capacidad (tanto en la ocupación de memoria de programación como su capacidad de manejo de datos); esto acarrea errores aleatorios muy difíciles de detectar y corregir. Otro de los inconvenientes que se presentaron fue la imposibilidad

de agregar más sensores, como por ejemplo la incorporación de dos radiómetros solares (Visible e IR lejano). La unidad de control fue reemplazada por el dispositivo ESP32 cuya capacidad de memoria y operación resulta ser de varios órdenes de magnitud. La estación meteorológica será alimentada por un sistema novedoso aerogeneración de electricidad mediante la vibración de un cilindro por la acción del viento, denominado efecto por vorticidad. Completando de esta manera la operación autónoma de la Estación Meteorológica.

Palabras Clave: Microcontroladores, Variables Meteorológicas, Autónoma, Automática.

### IT-3 **Análisis Cuantitativo de Aceros Mediante las Líneas L de Emisión de Rayos X**

Sánchez E S<sup>1 2</sup>, Torres Deluigi M d R<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio De Microscopía Electrónica Y Microanálisis - Universidad Nacional de San Luis

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis

La espectroscopia de emisión de rayos X empleando microanálisis con incidencia de electrones, y cuando en particular analizan las líneas  $L\alpha$  y  $L\beta$  de los metales de transición de la primera fila, presenta mediciones de interpretación complicada debido a la autoabsorción y a los bordes de absorción que provocan variaciones en la forma espectral que además dependen de la energía del haz.

El volumen de interacción para la producción de rayos X mediante la incidencia de electrones depende básicamente de la energía del haz y de la densidad de la muestra. En una muestra de acero cuando el voltaje del haz es de 20kV, los rayos X emergen de una región de cerca de  $2 \mu\text{m}$  de diámetro, mientras que para 5 kV la región es de 300 nm, de modo que pareciera conveniente reducir la energía del haz para lograr mejorar la resolución espacial. Pero, con 5kV o menos, las líneas K para muchos de los metales de transición de la primera fila no son excitados y para los análisis cuantitativos deben usarse las líneas L.

Aunque se utilice el microanálisis (EPMA: Electron Probe Microanalysis), con voltajes de 5-6 kV, los análisis cuantitativos usando las líneas L de metales de transición presentan importantes errores relativos [1], los cuales no pueden ser corregidos al considerar los coeficientes de autoabsorción [2]. Las imprecisiones pueden ser causadas por probabilidades de emisión y autoabsorciones anómalas para las líneas  $L\alpha$  y  $L\beta$ , que son diferentes entre la muestra y los patrones puros que se utilizan para cuantificar.

En este trabajo presentamos los resultados de análisis cuantitativos de aceros emplean-

do dos espectrómetros diferentes: un Energy Dispersive X-ray Spectrometry (EDS) y un Wavelength Dispersive X-ray Spectrometry (WDS), ambos acoplados a un Microscopio Electrónico de Barrido. Se obtuvieron resultados más precisos cuando usamos las líneas *L*. que provienen de la transición (*L*3-M1), las cuales no son tan afectadas por el entorno químico como las originadas en la capa M4,5 que corresponden al nivel incompleto 3d.

## Referencias

- [1] P Statham and J Holland, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 55 (2014) 012017  
[2] J Kawai et al, Encyclopedia of Analytical Chemistry (2019), JohnWiley Sons, Ltd. 1-12

## IT-4 ANÁLISIS DE FALLA DE LOS TUBOS DEL SOBRECALENTADOR DE UNA CALDERA DE LECHO FLUIDIZADO.

Ziegler D O

Una caldera de lecho fluidizado de una Central Térmica de Carbón de 120 MW, presentó una falla catastrófica en los tubos del sobre-calentador de vapor, al mes de la primera puesta en marcha que ameritó la realización de este estudio. Los sobre calentadores generalmente son de aceros aleados del tipo Cr-Mo, y para la temperatura de trabajo de esta caldera se utiliza la aleación  $2\frac{1}{4}$  Cr 1Mo, recomendada por ASME. Por diseño, el tiempo de explotación del material se estima en 100.000 horas de uso. La caldera consta de siete sobre calentadores modulares con un total de doscientos ochenta tubos, de los cuales, aproximadamente, en setenta de ellos se observaron fisuras en distintas zonas. Las fisuras en su mayoría de dirección longitudinal, se hallaron sobre la zona de vinculación entre tubos; esta se materializa mediante la unión por soldadura de una cinta del mismo material del tubo, para formar una pared denominada membrana. Asimismo, se encontraron fisuras transversales, próximas al cordón de soldadura del empalme entre tubos realizado para alcanzar la longitud del paño de 18 metros. Cabe mencionar, que el vapor a alta presión junto a las partículas en suspensión del lecho fluidizado, erosionaron los tubos enfrentados a los fisurados incrementando el daño. En este trabajo se presenta el estudio realizado para evaluar la causa de la falla en la zona de la soldadura vinculada a la pared membrana de tubos. Se determinó mediante composición química, técnicas metalográficas y medición de durezas, que la falla se originó como consecuencia del procedimiento de soldadura en la confección de la membrana. Las altas durezas que se observaron en las muestras analizadas confirmaron que se omitió efectuar el precalentamiento necesario de los

tubos y las cintas de los empalmes para formar la membrana. Como consecuencia de esta omisión, a la temperatura de trabajo, las fisuras presentes en esa zona avanzaron hacia la superficie y el interior del tubo provocando el desprendimiento de la pared membrana, como así también, la perforación de los tubos.

## IT-5 **Análisis de la reducción de resistencia aerodinámica sobre un vehículo pesado de transporte de carga para largas distancias**

Marsano J<sup>1</sup>, Peralta A O<sup>1</sup>, Del Campo F<sup>1</sup>, Montiel Barbará J E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ingeniería del Ejército, UNDEF*

Reconociendo que el consumo de combustible para vehículos medianos y pesados representa una gran porción de todo el consumido en el sector del transporte por carreteras en Argentina y su consecuente contribución a las emisiones gaseosas y que además considerando que gran parte de ese consumo se debe a la resistencia al desplazamiento que presenta el aire, se plantea un análisis aerodinámico teórico que permita evaluar el impacto directo que determinados accesorios a incorporar en la carrocería tienen sobre la resistencia aerodinámica del mismo. Para cumplir con el propósito se recurrió a la ayuda de herramientas de dinámica computacional de fluidos, proponiendo dos conjuntos aerodinámicos eficaces y eficientes (teniendo en cuenta aspectos legales) para un vehículo de transporte de cargas. Complementariamente se realizó un estudio económico que permita determinar las ganancias y el correspondiente tiempo estimado de amortización de la inversión y, a su vez, reflejar la reducción de las emisiones contaminantes.

## IT-6 **ANÁLISIS FUNCIONAMIENTO DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE PEM REACONDICIONADA**

Ruiz M S<sup>1</sup>, Figueira F<sup>1</sup>, Razzitte A<sup>1</sup>, Fasoli H J<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Instituto de Enseñanza Superior del Ejército, Escuela Superior Técnica, Facultad de Ingeniería del Ejército*

La performance (funcionamiento) de una celda de combustible es caracterizada por la curva densidad de corriente ( $i$ ) versus potencial de celda ( $V$ ). En el presente trabajo se obtiene la curva de polarización  $i$ - $V$  experimental de una celda de combustible PEM fabricada por nosotros. Después de 15 años con prácticamente ningún uso, se la volvió a caracterizar operando a diferentes temperaturas, en el rango de 20°C a 74°C. Se analiza cómo afectan algunos de los diferentes parámetros como el potencial a  $i=0$

y la resistencia interna. Se estudia la contribución a la curva i-E total, de las curvas de polarización: por activación, por concentración y óhmica. Estos parámetros sirven para comparar el desempeño de la pila original con su estado actual.

### **IT-7** Análisis y optimización de un disco de freno ventilado de competición mediante simulación CFD

Morrone J M<sup>1</sup>, Peralta A O<sup>1</sup>, Errázquin J<sup>1</sup>, Del Campo F<sup>1</sup>, Montiel Barbará J E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería del Ejército, UNDEF

En el presente trabajo se estudia el desempeño térmico del disco de freno delantero utilizado actualmente en un vehículo de la categoría Procar 4000 Clase B. En base al reglamento técnico y manteniendo constantes las dimensiones principales del disco, se propondrán modificaciones en la geometría de las aletas y número de estas para así comparar los diferentes modelos y determinar aquellos de mejor rendimiento térmico, utilizando los módulos CFX y Transient-Thermal de ANSYS 18.2. En las simulaciones estacionarias se compararán los diferentes modelos de geometría y número de aletas en base al gasto másico, distribución de los coeficientes de transferencia de calor y uniformidad de la distribución de temperatura. Estas simulaciones se efectúan a diferentes velocidades y temperaturas. Las simulaciones transitorias corresponden a la frenada del vehículo en sí. En base a la adquisición de datos se determinará el perfil de velocidad del disco de freno y el flujo de calor al mismo. Como resultado del análisis se obtienen gráficos de temperatura en función del tiempo en puntos específicos del disco de freno.

### **IT-8** Aplicación de la termografía infrarroja en la caracterización a la fatiga estructural de materiales metálicos

Bustos R I<sup>1 2</sup>, Bergant M<sup>3 2</sup>, Yawny A<sup>1 3 2</sup>

<sup>1</sup> CONICET

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

Todo material sujeto a cargas o deformaciones variables en el tiempo es susceptible a fallar por fatiga. Este proceso de daño estructural permanente, localizado y progresivo incluye la iniciación de defectos tipo fisura en regiones susceptibles y su posterior propagación, hasta la eventual falla del componente luego de un número suficiente de fluctuaciones. La fatiga de materiales depende de múltiples factores, entre los que cabe mencionar: el estado de cargas, las características microestructurales, la geometría particular y las condiciones ambientales, entre otros. Una caracterización apropiada

de la resistencia a la fatiga de materiales requiere la realización de numerosos ensayos, demandantes en tiempo de ejecución y por tanto costosos. Durante las últimas décadas se ha trabajado en el desarrollo de métodos alternativos de caracterización convenientes, destacándose entre estos los métodos térmicos, basados en los cambios de temperatura que ocurren en un material sometido a estados de carga variables. Entre estos, es bien conocida la existencia del efecto termoelástico, que se traduce en una variación de temperatura cuya amplitud, de algunas décimas de grado, es proporcional a la amplitud de la variación de carga aplicada. También existen variaciones positivas en la temperatura media del material debido a irreversibilidades asociadas a la acción de efectos inelásticos (plasticidad).

Los primeros estudios en este sentido se realizaron instrumentando probetas con termocuplas, sin embargo, en la actualidad la termografía infrarroja (IRT) aparece como más conveniente. Esta técnica de no contacto y en tiempo real permite determinar la temperatura superficial de un cuerpo a partir de la medición de la radiación electromagnética que este emite por el solo hecho de encontrarse a una temperatura superior al cero absoluto.

En este trabajo se muestran resultados experimentales correspondientes a ensayos de fatiga de alto número de ciclos (HCF) monitoreados con IRT, enfocados en la determinación del denominado límite de fatiga. Se analizó la evolución de la temperatura superficial conforme avanza el ciclado, así como la validez de regímenes térmicos en tres etapas, con una etapa intermedia de temperatura estacionaria. Se estudiaron dos tipos de materiales: un acero microaleado laminado en caliente, ampliamente usado en la industria automotriz, y una aleación Ti-6Al-4V obtenida por manufactura aditiva (impresión 3D de metales) mediante la técnica de fusión por haz de electrones (EBM), de gran importancia en dispositivos médicos y en la industria aeroespacial [1]. En este último caso, se consideraron 3 condiciones superficiales distintas: sin tratamiento, maquinada y pulida, y la condición HIP (prensado isostático en caliente). A partir de los datos obtenidos en ensayos escalonados ascendentes en amplitudes de tensión, se estudió la validez de los métodos rápidos de determinación del límite de fatiga [2], se propusieron metodologías propias de estimación de dicho límite y se identificaron sus restricciones.

En el presente trabajo se muestra, además, la aplicabilidad de la IRT para la detección de puntas de fisura por fatiga en probetas de geometría CT de Zircaloy-4. Esta técnica puede aplicarse a otros campos tecnológicos, por ejemplo, al estudio del crecimiento de fisuras por fatiga, a la determinación de parámetros de la mecánica de fractura, y a la determinación de la correlación entre fuentes de calor locales y la señal termoelástica, entre otros.

[1] Chern et al., A review on the fatigue behavior of Ti-6Al-4V fabricated by electron beam melting additive manufacturing, *International Journal of fatigue* 119 (2019)

[2] G. La Rosa, A. Risitano, Thermographic methodology for rapid determination of the fatigue limit of materials and mechanical components, International Journal of fatigue 22 (2000)

## IT-9 Caracterización de constantes elásticas en medios anisótropos dispersivos por métodos ultrasónicos.

Cowes D<sup>1</sup>, Mieza I<sup>2</sup> <sup>3</sup>, Gómez M<sup>1</sup> <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica, Gerencia Desarrollo Tecnológico y Proyectos Especiales, Dpto. ICES - CAC, ARGENTINA

<sup>2</sup> División de daño por hidrógeno, Gerencia de Materiales, Gerencia de Área de Energía Nuclear, CNEA, Buenos Aires, Argentina

<sup>3</sup> Instituto Sabato - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>4</sup> Grupo de Emisión Acústica, Facultad Regional Delta, UTN, Buenos Aires, Argentina.

El comportamiento elástico lineal del sólido se puede describir a partir de la Ley de Hooke generalizada por un tensor de cuarto orden compuesto de constantes elásticas. Además, si las constantes son complejas, la parte real describe la parte lineal y la parte compleja describe el comportamiento viscoso. La caracterización de este tensor es de gran utilidad para un gran número de aplicaciones de ciencia e ingeniería. Por ejemplo, para el diseño de componentes estructurales a partir de materiales anisótropos en donde las direcciones de mayor sollicitación mecánica coincidir con las direcciones de mayor rigidez del material.

Cuando los materiales son isótropos, solo existen dos constantes elásticas independientes y, por ende, la caracterización es sencilla y puede realizarse con ensayos mecánicos de tracción o flexión. Sin embargo, materiales de ingeniería frecuentemente presentan algún grado de anisotropía con lo cual pueden existir hasta 21 constantes independientes. En estos casos, es conveniente caracterizar el comportamiento elástico a partir de la propagación de ondas mecánicas en el rango ultrasónico. La ventaja de esto es que el ultrasonido por inmersión permite transmitir ondas en cualquier dirección que al interactuar con el medio permiten inferir las propiedades del mismo.

Usualmente, si la longitud de onda ultrasónica es más pequeña que el espesor de la probeta a medir, el medio puede considerarse infinito, es decir que los contornos no afectan la propagación de la onda. En estos casos la ecuación de Christoffel, que relaciona la velocidad de fase con las constantes elásticas, puede invertirse y así se recupera el tensor de elasticidad. Sin embargo, en materiales de tipo placa, la longitud de onda resulta comparable al espesor del medio y se observa el fenómeno de ondas guiadas. En estos casos, el medio resulta dispersivo, y la ecuación de Christoffel no describe adecuadamente el experimento.

En este trabajo se implementó un modelo de suma de ondas que permite describir de

forma adecuada los ensayos ultrasónicos por inmersión en medios dispersivos. Además, se realizaron mediciones en medios anisótropos y se realizó la optimización de constantes elásticas a los datos experimentales por métodos heurísticos. Por último, se investigó el comportamiento viscoelástico del material.

## IT-10 CARACTERIZACIÓN DE UNA CHAPA DE LATÓN DE PRODUCCIÓN NACIONAL

Ziegler D O, Apellido N, Apellido N, Apellido N

En el presente trabajo se llevó a cabo la caracterización mecánica de una chapa de producción nacional de latón 70/30 de 3.25mm de espesor fabricada mediante laminado en frío. Dicha caracterización consistió en la realización de: ensayos de tracción en tres orientaciones respecto a la dirección de laminado ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $90^\circ$ ) para obtener las curvas tensión-deformación; determinación de los coeficientes de Lankford en las tres orientaciones mencionadas; metalografía del material as received. La conjunción de la evaluación de las propiedades mecánicas, la anisotropía y la microestructura, permite comprender la relación entre las tres. Principalmente se evaluó la influencia del proceso de laminado en frío en la anisotropía, sumado al factor microestructural inherente a los componentes de la aleación, principalmente el zinc, de estructura HCP, el cual tiene de por sí una marcada anisotropía.

## IT-11 Caracterización magnética de la deformación plástica en acero AISI 439

Neyra Astudillo M R<sup>1 2</sup>, Pelaez P<sup>3 4</sup>, Bonelli Toro A<sup>5</sup>, Arcone D<sup>5</sup>, López Pumarega M I<sup>2</sup>, Gómez M<sup>6 2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Ingeniería Eléctrica, Facultad Regional Delta, Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Dpto. Coordinación Centro Internacional para Estudios de la Tierra, ICES, Gerencia Desarrollos Tecnológicos y Proyectos Especiales, Gerencia de Área Investigaciones y Aplicaciones No Nucleares, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> División IAMEND-ENDE, CNEA, Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup> Instituto de Tecnología Sabato. Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina.

<sup>5</sup> División de Materiales Avanzados, Gerencia de Materiales, Gerencia de Área de Energía Nuclear, CNEA, Buenos Aires, Argentina

<sup>6</sup> Grupo de Emisión Acústica, Facultad Regional Delta, UTN, Buenos Aires, Argentina.

El acero inoxidable es un material que combina excelente resistencia a la corrosión con propiedades mecánicas muy adecuadas para aplicarlo en la construcción. Aunque han sido poco utilizados en esta área dado el comportamiento no lineal de la tensión desde bajos niveles de deformación, en la actualidad se empiezan a tener en cuenta. Por ese motivo, es importante su caracterización mecánica, siendo el Ruido Magnético Barkhausen (RMB) una técnica que puede ser útil para eso. El RMB es un método de END basado en el magnetismo. Es muy sensible al cambio o la modificación de los materiales ferromagnéticos, su microestructura, impurezas y otros defectos. El objetivo de este trabajo es correlacionar la variación del RMB con el comportamiento tenso-deformacional de un acero AISI 439. Las probetas normalizadas fueron construidas y ensayadas en una máquina de ensayo de tracción uniaxial a temperatura ambiente con una velocidad constante de 1 mm/min. En primer lugar, se ensayó una probeta hasta la rotura para obtener las propiedades mecánicas. En este trabajo se presenta el análisis del RMB para diferentes deformaciones: a) 0%, b) 1%, c) 8%, d) 16%, e) 24% y f) 32%. Para producir el RMB, las probetas fueron estimuladas a través de un campo magnético generado por un solenoide. Se excitó por una onda sinusoidal de 10 Hz y 2 V. La bobina sensora de RMB se conectó a un amplificador y se ubicó en la zona central sobre la probeta. La probeta se colocó con su dirección axial paralela al campo magnético. Después de cada etapa de deformación plástica, se midieron el RMB en cada una de las probetas deformadas. Luego, todas las muestras fueron analizadas metalográficamente. En las probetas deformadas, se observó un alargamiento de los granos en la dirección de tracción y se comprobó que hay un aumento de la microdureza al crecer la deformación. En el análisis temporal de RMB se pudo observar que, a medida que aumenta la deformación, se incrementa la amplitud de las señales y hay también un ligero corrimiento de las mismas hacia tiempos mayores. A mayor deformación aumenta la cantidad de sitios de anclajes que se oponen al movimiento de las paredes de los dominios magnéticos y será necesaria una mayor energía para moverlas. En el análisis espectral se observa que en la probeta sin deformación, el mayor contenido energético en el dominio de la frecuencia comienza a manifestarse aproximadamente a partir de los 10 ms hasta los 35 ms. El mayor nivel de energía se da en el intervalo entre 20 ms y 30 ms y se extiende desde los 10 kHz hasta los 100 kHz aproximadamente. También se observan niveles de menor valor de energía hasta los 250 kHz en el mismo intervalo de tiempo. Este comportamiento cambia con la primera deformación de la probeta. Para el 1% de deformación, el comienzo del RMB se produce antes de los 10 ms y la influencia de este se extiende más allá de los 35 ms con un aumento considerable entre los 15 ms y 20 ms. A medida que se aumenta la deformación, el comportamiento energético cambia. El inicio de la señal del RMB comienza cada vez más tarde, al contrario de lo que pasaba entre la condición sin deformación y deformado al 1%. Para el 8% el contenido energético comienza a partir de los 15 ms, para 16% lo hace a partir de los

17 ms, 20 ms para la deformación al 24 % y un valor similar para la deformación al 32 %. Esto provoca que la energía se concentre cada vez más entre el intervalo de 20 ms a 30 ms. Se podría decir que a medida que la probeta comienza a deformarse más allá del 1 %, el efecto que se produce es que el RMB comienza a manifestarse en el intervalo de tiempo más acotado. El contenido de mayor energía comienza más tarde y se extingue antes en el tiempo. Los resultados obtenidos son satisfactorios para el estudio de la aplicabilidad de la técnica del RMB para la evaluación de la deformación plástica en este acero inoxidable.

## IT-12 Caracterización morfológica y composicional de composites metal-polímero por Microscopía Electrónica de Barrido

Jugo Giuggiolini A D<sup>1</sup>, Esquivel M<sup>2 3 4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Santiago del Estero

<sup>2</sup> INN-CONICET

<sup>3</sup> Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>4</sup> Centro Regional Universitario Bariloche - Universidad Nacional del Comahue

Los composites analizados fueron obtenidos por manufactura aditiva, utilizando métodos de modelado por deposición fundida (Impresión 3-D) utilizando ácido poliláctico (Grilon 3) como molde en el cual fue depositada la planchuela/moneda de Cu (Alfa Aesar, 99,99+). Los distintos composites obtenidos fueron caracterizados en distintos modos de operación (alto y bajo vacío) para mostrar las posibilidades de determinación de morfología superficial. Los composites fueron estudiados bajo distintos modos de imagen, por electrones secundarios y retrodifundidos, para mostrar la posibilidad de determinación topográfica y de contraste composicional. En el modo de imagen por electrones secundarios, se aprovechó la interacción inelástica producida por el haz de electrones, de manera de captar los detalles superficiales asociados a los distintos recorridos del cabezal de la impresora 3-D mientras se formaba el molde por modelado por deposición fundida. Ese mismo modo de imagen fue utilizado para obtener una caracterización morfológica sobre el recorrido del cabezal en distintos modos de sustrato. En el modo de imagen por electrones retrodispersados, se utilizó la propiedad de reflectividad, que depende de la interacción elástica de los electrones con el material analizado y que es una función del voltaje, corriente y número atómico de los átomos componentes del material analizado. De esta manera, era posible caracterizar por contraste atómico, distintos tipos de superficies. Estos modos fueron específicamente usados para determinar el estudio de fronteras por contraste composicional. Finalmente, se realizaron estudios de determinación elemental composicional por EDS. Esta técnica fue usada en sus modos puntual, lineal y de mapeo superficial para mostrar aplicaciones de determinación de profundidad de capa (o composicio-

nal) a distintos voltajes. Estos resultados fueron acompañados del uso del software de simulación CASINO (®). En particular, la técnica de EDS fue útil para predecir la profundidad o espesor de distintas capas de PLA sobre Cu y Ni. Esto es debido a que la interacción haz de electrones-material depende del voltaje y de la corriente aplicada, de manera tal que fue posible estudiar los contrastes composicionales en función del voltaje aplicado. Los resultados obtenidos, son útiles para la aplicación de estos composites en electrodos polímero-metal utilizados para la captura del ion Sr en soluciones acuosas de interés nuclear y ambiental.

### IT-13 Cerámicos conductores de ion Sodio.

Salgado R<sup>1 2</sup>, Terny S<sup>1 2</sup>, Frechero M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Química - Universidad Nacional del Sur

<sup>2</sup> Instituto de Química del Sur-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

En la actualidad el mayor reto para el almacenamiento estacionario de energías alternativas es el desarrollo de nuevos materiales que puedan reemplazar a las baterías de iones litio. Particularmente esta búsqueda está orientada a bajar los costos de fabricación a partir de compuestos más abundantes y ampliamente distribuidos a nivel global de modo de diseñar materiales para electrolitos más asequibles y seguros. Para que una batería de iones de sodio en estado sólido sea prometedora en los sistemas de almacenamiento de energía a gran escala es necesario contar con electrolitos en estado sólido adecuados, es decir, que alcancen valores de conductividad del orden de 10-4 S.cm-1 a temperatura ambiente o superior. Actualmente se conocen conductores a base de sulfuros, seleniuros y borohidruros, sin embargo, estos son inestables en aire y dañan la batería, afectando también al medio ambiente. Con el objeto de superar tales inconvenientes se ha puesto la atención en los electrolitos de óxidos, una vez más, debido a que pueden obtenerse la conductividad iónica deseada, brindar ventanas electroquímicas operativas con elevada estabilidad química. En particular, los electrolitos con estructura de tipo honeycomb como el Na<sub>2</sub>Zn<sub>2</sub>TeO<sub>6</sub>, presentan senderos de migración facilitada para el Na<sup>+</sup> mediante capas 2D conectadas, alcanzando una conductividad iónica a temperatura ambiente más que satisfactoria, además de una excelente estabilidad química. En el presente trabajo se buscó sintetizar materiales cristalinos (tipo honeycomb) de fórmula Na<sub>2</sub>Zn<sub>2</sub>TeO<sub>6</sub> (NZTO) dopados para disminuir el contenido de telurio pero, a su vez, retener los canales de migración. Se han utilizado técnicas calorimétricas (DSC: calorimetría diferencial de barrido), difracción de Rayos X (DRX), espectroscopía infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) y espectroscopía Raman para evaluar las características estructurales y, espectroscopía de impedancia (IS) para evaluar la respuesta eléctrica de los materiales obtenidos. rocio.salgado@uns.edu.ar; soledaderny@uns.edu.ar; frechero@uns.edu.ar

### IT-14 Cinética y termodinámica de la carbonata-

## ción del $\text{Li}_3\text{BO}_3$ con agregado de $\text{NaOH}$

San Martín N<sup>1</sup>, Gennari F<sup>1 2 3</sup>, Arneodo Larochette P<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> CONICET

Las emisiones de efecto invernadero, y en particular de  $\text{CO}_2$ , ya afectan el medio ambiente y a la población mundial. Con el objetivo de reducir estas emisiones, ya se utilizan soluciones acuosas de aminas para absorber selectivamente el  $\text{CO}_2$  de los efluentes gaseosos de las centrales eléctricas. Sin embargo, su implementación se encuentra limitada por su alto requerimiento energético, el cual provoca una pérdida del 30 % de la energía generada [1]. Es por esto que, en los últimos años, se está estudiando la implementación de materiales sólidos que operen en las condiciones presentes en las chimeneas de combustión [2].

En este trabajo se analizó la cinética y la termodinámica de la carbonatación del  $\text{Li}_3\text{BO}_3$ , el cual, con un agregado de  $\text{NaOH}$ , presenta cualidades prometedoras. En primer lugar, se verificó que la carbonatación consta de 2 reacciones con fases diferentes [3], y se obtuvieron las presiones de equilibrio y la entalpía de reacción de ambas. Se encontró una muy buena regenerabilidad y estabilidad ante ciclos de carbonatación-descarbonatación, así como una buena velocidad y capacidad de carbonatación. Se estudió la dependencia de estas características con la presión y la temperatura, cubriendo el rango entre 510°C y 535°C y entre 100 torr y 1200 torr. A partir ésta, se calculó la energía de activación del proceso completo.

[1] Gary T Rochelle. Amine scrubbing for  $\text{CO}_2$  capture. *Science*, 325(5948):1652-1654, 2009

[2] Qiang Wang, Jizhong Luo, Ziyi Zhong, y Armando Borgna.  $\text{CO}_2$  capture by solid absorbents and their applications: current status and new trends. *Energy Environmental Science*, 4(1):42-55, 2011

[3] María Dolores Morales, Pierre Arneodo Larochette, y Fabiana Gennari. Síntesis y aplicación de  $\text{Li}_3\text{BO}_3$  como adsorbente de  $\text{CO}_2$  de nueva generación. XXII Congreso Argentino de Catálisis, 2022.

## IT-15 Comparación de las simulaciones de un Control LQR -Carro/péndulo invertido- en un microcontrolador Microchip dsPIC33FJ256GP510 y en el software MatLab.

Vecchio R<sup>1</sup>, Lazcano Colodrero D A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería del Ejército, UNDEF

En este trabajo se realizó la simulación de un control LQR en variable de estado del sistema tradicional carro-péndulo invertido. Primeramente la simulación se realizó en Matlab y se graficaron las curvas de la salida del sistema y posteriormente se programó el control y el observador en el DSC DsPIC33FJ256GP510 donde además se programó un módulo interfaz con el software LabView utilizando a este último como HMI (interfaz hombre-máquina). Se compararon ambas simulaciones y se verificó la coincidencia en el resultado obtenido. La placa con el DsPIC utilizada para realizar la simulación fue desarrollada y publicada en la XII Reunión de la SUF y 96 Reunión Nacional de la AFA (año 2011, P 431) y hoy es normalmente utilizada para dictar los trabajos prácticos de la materia de grado Control Avanzado II, carrera Ing. Electrónica.

## IT-16 COMPARACIÓN DE SENSORES UV PARA SER INSTALADOS EN EL DISPOSITIVO PORTÁTIL DE RADIACIÓN UV CONTROLADO POR SMARTPHONE.

Urbano Pintos N<sup>1</sup> <sup>2</sup>, Kyanka S I<sup>1</sup>, Lavorato M B<sup>1</sup>, Pagura M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo TAMA - Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Haedo

<sup>2</sup> División Radar Láser - Dto. LASER - DEILAP (CITEDEF-CONICET)

Se presenta una variante de la unidad portátil de medición de Radiación UV (UV Index) alimentado con baterías. Esta unidad posee una serie de sensores meteorológicos calibrados que permiten además de medir la radiación UV, medir *in situ* y en tiempo real, la presión, temperatura y humedad ambiente; contando con un transceptor bluetooth y un reloj de tiempo real lo que nos permite registrar la fecha y hora de la medición. Existen en el mercado varios tipos de sensores de radiación UV con características muy diferentes, todos ellos conectables a los Arduinos, pero no poseen información técnica ni científica del tipo y/o características del sensor propiamente dicho. Por ese motivo, utilizando el mismo tipo de Arduino (NANO) de la unidad portátil, le conectamos los sensores más relevantes que se pueden encontrar en el mercado local y así, podremos realizar una comparación completa entre ellos. A estos sensores le sumamos una unidad adicional construida en nuestro laboratorio con un sensor UV de las cuales disponemos todas sus características y especificaciones. Nuestros radiómetros fijos cuentan con este mismo tipo de sensor y tenemos la capacidad de efectuar una calibración por el método de patrón secundario, lo que nos permitirá contar con un estudio completo de los sensores que se pueden adquirir en el mercado local. Los datos adquiridos serán transmitidos al smartphone así podremos tomar datos de la radiación en cualquier parte o lugar donde el sol se encuentre accesible. Palabras Clave: Radiación UV, Sensores UV, Arduino, Microcontroladores, Bluetooth, Smartphone.

## IT-17 Desarrollo de cámaras radiométricas para aplicaciones espaciales de Sensado Remoto

Ogando K<sup>1</sup>, Cotes S<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> INVAP S.E. Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado

<sup>2</sup> CONICET

A partir de 2014, en el Grupo de Óptica de la empresa estatal Invap, conformado principalmente por profesionales formados en Ciencias Físicas, se ha estado desarrollando un sistema de Cámaras Radiométricas para el Sensado Remoto del Color del Mar Argentino-Brasileño para la CONAE. En este trabajo, se presentarán los desafíos superados y pendientes, sin entrar demasiado en los detalles técnicos y haciendo especial énfasis en la aplicación del conocimiento y las habilidades, de análisis teórico e indagación experimental, aprendidas durante la formación en Física.

## IT-18 Desarrollo de dispositivos con redes percolativas de nanohilos de plata

Chehade P<sup>1</sup>, Diaz Schneider J I<sup>1 2</sup>, Martinez E D<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.

Se desarrollaron dispositivos con redes percolativas de nanohilos de plata con alta transparencia. En particular, un sensor de deformación mecánica y un sensor capacitivo táctil. En primer lugar, se caracterizaron las propiedades ópticas y estructurales de los nanohilos. Se caracterizó su distribución de longitudes y diámetros a través de microscopía óptica y electrónica, obteniendo una relación de aspecto longitud media/diámetro medio de  $180 \pm 50$ . En segundo lugar, a partir de una solución coloidal basada en agua y poliestireno sulfonato de sodio se depositaron nanohilos sobre sustrato vidrio y se caracterizaron las redes de nanohilos resultantes. Se determinó la transmitancia, fracción de llenado y resistencia de película y se analizó la dependencia entre estos parámetros. En tercer lugar, se fabricaron los dispositivos anteriormente mencionados. Por un lado, el sensor de deformación mecánica se basa en una red tridimensional de nanohilos inmersa en una resina de polimetilmetacrilato, depositada por la técnica de doctor blade sobre un sustrato flexible de tereftalato de polietileno. Se verificó su comportamiento óhmico a través de curvas IV. Además, se midió la resistencia en función del estado de compresión y tracción en ensayos de flexión. Por otro lado, el sensor capacitivo táctil se basa en una red bidimensional de nanohilos depositada por la técnica de spin coating sobre un sustrato rígido de vidrio. Además, en este dispositivo se realizó un recubrimiento posterior de polivinilpirrolidona para proteger la red subyacente, verificando su efecto sobre la superficie expuesta a través

de una medición de resistencia en función del número de veces que se activa el sensor. Al igual que en el caso anterior, se verificó el comportamiento óhmico del sistema.

## **IT-19** Diseño de experimentos aplicado al conformado de materiales

Benedetti P<sup>1 2</sup>, Hernández A<sup>2</sup>, Ziegler D<sup>3</sup>, Puccinelli M<sup>3</sup>, Insausti J<sup>3</sup>, Berge G<sup>3</sup>, Schlosser F<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur*

<sup>2</sup> *Facultad Regional Bahía Blanca - Universidad Tecnológica Nacional*

<sup>3</sup> *Departamento de Ingeniería - Universidad Nacional del Sur*

Cuando se quiere obtener una pieza a partir de una chapa plana por el método de conformado se la debe someter a fuerzas externas de suficiente magnitud para deformar el material original. La determinación de estas fuerzas en conjunto con otras variables, como rugosidad, lubricante usado, velocidad de conformado, cantidad de pasadas del ensayo permitirá la selección del equipo apropiado.

Todas las experiencias del laboratorio se planificaron mediante técnicas estadísticas de diseño de experimentos adecuadas para este tipo de ensayos, (Anovas, Regresión, Análisis Multivariado, Diseño de Experimentos).

El análisis de la varianza (ANOVA) es una herramienta estadística de decisión, que es formulada para determinar si un conjunto de medias poblacionales es significativamente diferente o no. Para este trabajo se hicieron una serie de experiencias, en una máquina de ensayos de fricción tipo Inland sobre chapa de acero, variando las condiciones del ensayo con las variables mencionadas anteriormente y velocidades de 0,00033 m/s y 0,182 m/s.

Se presentan los resultados obtenidos, determinando el mejor lubricante, la mejor chapa inicial y la menor fuerza empleada, correlacionando esto con el menor gasto energético para lograr determinada superficie.

## **IT-20** Diseño, desarrollo preliminar e implementación de una incubadora celular de bajo costo

Impróvola S C<sup>1 2 3</sup>, Pulmari M<sup>1</sup>, Silva A<sup>1</sup>, Margarit D H<sup>1 4</sup>, Reale M V<sup>1 5</sup>, Romanelli L M<sup>1 4</sup>, Scagliotti A F<sup>1 4</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento*

<sup>2</sup> *Instituto de Formación Docente y Técnica Nº140*

<sup>3</sup> *Instituto de Formación Docente y Técnica Nº 36*

<sup>4</sup> *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

<sup>5</sup> *Departamento de Ingeniería e Innovaciones Tecnológicas - Universidad Nacional de La Matanza*

El trabajo experimental con células vivas requiere de instrumentación y equipamiento especializado, dado que mantener las células en un ambiente no propicio genera un estrés cuya respuesta va desde la activación de mecanismos de supervivencia hasta la inicialización de la muerte celular. Es por ello que las observaciones microscópicas de la actividad dinámica de las células vivas implican su almacenamiento en incubadoras. Sin embargo, la tecnología actual para tal fin suele ser costosa, especialmente para institutos y universidades con recursos limitados. En consecuencia, se requiere de propuestas de desarrollo que permitan trabajar con los cultivos celulares realizando mediciones y procedimientos en un medio adecuado y que, además, sean alternativas accesibles. Actualmente, la existencia de tecnologías emergentes de sensores de bajo costo combinados con hardware y software de código abierto permiten la posibilidad de equipar a los laboratorios con dispositivos y equipos personalizado. El objetivo de este trabajo es presentar avances en el desarrollo de una incubadora de células vivas de bajo costo, así como también el diseño experimental, análisis de datos y selección de sensores para tal fin. Se probaron y seleccionaron diferentes sensores y mecanismos de control como algoritmos PID (proporcional, integral y diferencial) para controlar las variables del ambiente interno. Finalmente, se avanzó en la construcción de un prototipo preliminar funcional.

## IT-21 **Diseño de termoconversor de film delgado con sensor resistivo de dióxido de vanadio**

Campo M<sup>1</sup>, Laiz H<sup>2</sup>, Huck Iriart C<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INTI - Centro de Micro y Nanoelectrónica del Bicentenario, Av. Gral Paz 5445 (B1650KNA), San Martín, Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnología Industrial

<sup>3</sup> Instituto de Tecnologías Emergentes y Ciencias Aplicadas (ITECA), UNSAM-CONICET, Escuela de Ciencia y Tecnología, Laboratorio de Cristalografía Aplicada, San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina

El convertidor térmico es conocido por ser el método más exacto para la medición de tensión alterna entre 10 Hz y 1 MHz [1], donde se compara la aplicación de una tensión alterna desconocida con una de tensión continua conocida. Si en ambos casos se produce el mismo aumento de temperatura, el valor de la tensión continua es igual al valor eficaz de la tensión alterna.

Actualmente, los patrones nacionales de transferencia de AC-DC son los termoconvertidores de película delgada con termocuplas como sensores de temperatura. Como su fabricación es muy compleja, en este trabajo se presenta un nuevo diseño de película delgada, mucho más simple, con sensor resistivo para medir el aumento de temperatura [2]. El material utilizado como sensor es dióxido de vanadio (IV), VO<sub>2</sub>, conocido por ser usado en microbolómetros no refrigerados para detección de imágenes infra-

rojas [3] por su alto coeficiente de temperatura de resistividad (TCR) de  $0,02 /K$  que permite obtener alta sensibilidad.

El termoconversor diseñado puede ser utilizado para la medición de tensión alterna de frecuencias aproximadas a 1 MHz. Su fabricación se realiza sobre una oblea de silicio cubierta con una película delgada de nitruro de silicio ( $Si_3N_4$ ).

Está compuesto por un calentador bifilar de nicromo (NiCr) y cuatro resistencias de  $VO_2$ , dos cercanas al calentador y dos alejadas, con espesores de 200 nm aproximadamente. Finalmente, se utilizan pads de aluminio para conectar las resistencias en un puente de Wheatstone. Con un detector, se mide el desequilibrio del puente provocado por el cambio de las resistencias cercanas al calentador.

Estudiamos la distribución de temperaturas para ver el efecto térmico que genera sobre las resistencias internas (cercanas al calentador) y para asegurar que no modifique la temperatura en las externas. Esta distribución se calculó por un método de elementos finitos, con el software ANSYS, aplicando 1 V al calentador. Debido a las dimensiones elegidas, la resistencia del calentador es de  $180 \Omega$  y de las resistencias de  $VO_2$  es de  $10 k\Omega$ . Las propiedades del NiCr y del  $VO_2$  utilizadas están registradas en publicaciones donde utilizan la técnica de sputtering para crear las películas [4,5].

Debido al cambio de valor de las resistencias con la temperatura, como resultado se obtiene una sensibilidad de aproximadamente  $12 V/W$ , cercana a los valores de sensibilidad de los termoconvertidores utilizados actualmente [6].

Encontramos que el nuevo diseño presenta una distribución de temperatura adecuada, no afectando a las resistencias externas. De esta manera, hallamos que es viable el dispositivo diseñado, usando al dióxido de vanadio como sensor resistivo. Además, este material muestra su utilidad para medir el aumento de temperatura de un calentador de un convertidor térmico AC-DC obteniendo valores de tensión alterna con alta sensibilidad.

Terminado el diseño y la simulación del termoconversor, se continuará con la fabricación del dispositivo.

[1] M. Klonz, H.Laiz, E. Kessler. "Development of Thin-Film Multijunction Thermal Converter at PTB/IPHT". IEEE Trans. Instrum. Meas., 50, 6, Dec. 2001.

[2] F.L. Katzman. " A thermoresistive ac-dc transfelement". IEEE Trans. Instrum. Meas., 35, 6, Dec. 1986.

[3] Changhong Chen, et al.. "Linear uncooled microbolometer array based on  $VO_x$  thin films". Infrared Physics and Technology, 42, 2001, 87-90.

[4] Ma, Xu, et al. " Influence of oxygen flow rate on metal/insulator transition of vanadium oxide thin films grown by RF magnetron sputtering". Applied Physics A, 123, 3, 2017, 1-6.

[5] Yan, Jianwu and Jicheng Zhou. "Strain sensitivity and temperature influence of nichrome (80/20 wt.%)

[6] Laiz, Héctor, et al. "Low-frequency AC-DC voltage transfer standards with new high-sensitivity and low-power-coefficient thin-film multijunction

thermal converters". IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 52, 2, 2003, 350-354.

[7] Di Lillo, L., et al. " A thin-film AC-DC thermal converter with VO<sub>2</sub> resistive sensing". Conference on Precision Electromagnetic Measurements Digest. IEEE, 2008, 580-581.

## IT-22 **Diseño e implementación de un tubo de impedancia de bajo costo para caracterización acústica de materiales y metamateriales**

Gentile Falcone L<sup>1</sup>, Sigal I<sup>1</sup>, Raviola L A<sup>1</sup>, Novara I<sup>1 2</sup>, Vera F<sup>1</sup>, Roatta A<sup>1 2</sup>, Gómez B J<sup>1 2</sup>, Repetto C E<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>2</sup> *Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR*

En el presente trabajo se describe el proceso de diseño e implementación de un tubo de impedancia desarrollado con elementos de bajo costo y software libre para caracterizar propiedades acústicas de materiales, tanto con fines didácticos como de investigación. Mediante el dispositivo desarrollado, se determinan la impedancia acústica y el coeficiente de absorción de distintas muestras, y se valida su desempeño contrastando los resultados obtenidos para varios materiales con los disponibles en la literatura. Por último, se investigan las propiedades acústicas de metamateriales fabricados mediante diseño digital e impresión 3D a partir de distintas configuraciones geométricas y se discuten sus aplicaciones como filtros acústicos.

## IT-23 **Diseño y fabricación de máquina para el estudio de la interacción creep-fatiga.**

Delmastro J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

Un número importante de aplicaciones de materiales en el área de producción de energía requiere la caracterización del comportamiento mecánico bajo condiciones de carga, temperatura y medio ambiente similares a las de servicio. En particular, la caracterización del comportamiento a la termofluencia (creep), deformación plástica dependiente del tiempo bajo condiciones de tensión constante, resulta de particular interés y alta relevancia en estas aplicaciones donde las altas temperaturas permiten la activación de procesos difusivos [1]. Sin embargo, las condiciones de carga constante en un ensayo de creep se aleja de la situación de trabajo real del material, donde la presencia de fluctuaciones y transitorios incorpora procesos de daño asociados a la fatiga.

El interés por el análisis de la interacción creep fatiga surgió a fines de 1950 debido a la falla prematura de componentes operando a altas temperaturas, como turbinas de gas, recipientes de presión y tapas de cilindros en automóviles, entre otros [2]. Aunque tanto el creep como la fatiga producen la falla del material a través del crecimiento de fisuras, la forma en que se generan y propagan las mismas en ambos casos es completamente distinto. Cuando estos dos fenómenos interactúan, se observa una gran disminución en la vida del material, fallando el mismo en tiempos o número de ciclos menores.

Se presenta a continuación el proceso de diseño y construcción de un dispositivo para el estudio de la interacción creep-fatiga en aleaciones de aluminio, así como resultados parciales obtenidos en muestras de AlZnMg.

[1] Evans, R. W., Wilshire, B. (1985). Creep of metals and alloys.

[2] G. R. Halford, B. A. Lerch, M. A. McGaw. (2000). Fatigue, creep fatigue, and thermomechanical fatigue life testing of alloys. ASM International, 59-63.

## IT-24 Estudio de la degradación de tubos refrigerantes de Zry-4 de Atucha I en solución 0.3M LiOH a 343°C

Cruz Villegas L<sup>1</sup> 2, Fava J<sup>2</sup> 3, Mosquera L<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Tecnología J. Sabato, Comisión Nacional de Energía Atómica Argentina. Universidad Nacional de San Martín. Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup> Div. IAMEND, Dto. ENDE, Gerencia DEyGV - Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Facultad Regional Haedo - Universidad Tecnológica Nacional

<sup>4</sup> Div. Química de Reactores, Dto. Química y Procesos en Instalaciones Nucleares, Gerencia Química, Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires, Argentina.

Los métodos convencionales para la medición de espesores de óxido son por incremento de masa y microscopía, denominados ensayos destructivos. La evaluación de espesores de óxido es un parámetro importante para analizar el estado de un componente que sufre degradación en un medio oxidante y así estimar su vida útil. Dentro de la industria nuclear, las aleaciones de Zr son altamente utilizadas en los componentes del reactor nuclear debido a la baja sección de captura neutrónica, alto punto de fusión y buena resistencia a la corrosión. Sin embargo, las condiciones químicas y de trabajo (300°C) generan el crecimiento de una capa de óxido sobre la superficie y el ingreso de hidrógeno, afectando sus propiedades [1]. Esto ha promovido el estudio del crecimiento de óxido y la distribución de hidruros en diferentes aleaciones de Zr. No obstante, en la actualidad no se evalúa el óxido in situ sobre componentes en servicio, sino que se realizan ensayos destructivos en elementos fuera de servicio. En

base a lo descrito, nuestro equipo ha observado la posibilidad de aplicar el método de ensayos no destructivos por corrientes inducidas (CI), para la medición de espesores de óxido [2]. El trabajo propone reproducir los resultados de la corrosión formada en condiciones de operación, mediante corrosión acelerada en autoclave en solución 0.3M de LiOH a 343°C. Para posteriormente caracterizar las muestras obtenidas mediante: medición de espesores de óxido por métodos convencionales y de CI; estudio de la distribución de hidruros y análisis de los resultados de corrosión.

La técnica de CI para la medición de recubrimientos se basa en el principio de inducción magnética de Faraday, para lo cual es necesario que la conductividad eléctrica del recubrimiento difiera de la del sustrato y que el cambio de la señal eléctrica causada por la variable de interés (espesor del recubrimiento) sea suficientemente grande para ser detectada [3]. Para una correcta aplicación de la técnica, se requiere de una serie de patrones de calibración con variación gradual de la variable a medir, es decir, diferentes espesores de óxido en este caso. Además, es importante que la geometría y las propiedades eléctricas y magnéticas del sustrato utilizado en los patrones sean igual a las del sustrato del elemento a medir. Como consecuencia, se ha decidido trabajar en una de las aleaciones más utilizadas en los reactores de potencia,  $Zr_{ry-4}$ . Entre los elementos aplicados se encuentran los tubos de refrigeración, los cuales contienen las vainas combustibles y están sumergidos en agua pesada dentro del reactor, y por su interior circula el refrigerante encargado de absorber la energía producida por la fisión para posteriormente transmitirla al generador de vapor. La medición de espesores de óxido formado en  $Zr_{ry-4}$  es posible, dado que el sustrato es metálico cuya conductividad es  $\sigma_{Zr_{ry-4}} \approx 1.35 \times 10^6$  S/m y el recubrimiento es no conductor,  $\sigma_{óxido} \approx 1 \times 10^{-8}$  S/m. Por lo tanto, el trabajo consistió en generar una serie de muestras con diferentes espesores de óxido. Se cortaron 17 muestras cuyo material base es un tubo refrigerante de  $Zr_{ry-4}$  sin irradiar, utilizado en Atucha I. Las muestras se agruparon en 8 pares autoclaveados y 1 blanco: una de las muestras de cada par se utilizó para la caracterización; y la otra muestra quedó como patrón de medición de óxido. De lo ensayado y analizado, se han obtenido patrones con espesores desde 25 hasta 205  $\mu\text{m}$ . Los pares acumularon entre 1 (70hs) y 8 autoclaveados (560hs). Los ensayos realizados presentaron alta uniformidad en los autoclaveados (343°C  $\pm$  3°C). En este trabajo se presentan: comparación de mediciones de óxido por los tres métodos; estudio de la distribución de hidruros por microscopía; estudio del flujo de hidrógeno; y análisis de los datos de corrosión.

[1] IAEA-TECDOC-996, Waterside corrosion of zirconium alloys in nuclear power plants. International Atomic Energy Agency, Viena, 1998.

[2] Fava, J., Estudio de  $Zr_{ry-4}$  corroído en autoclave para su caracterización no destructiva mediante ensayos de corrientes inducidas utilizando sondas planas. Tesis Doctoral, Instituto Sabato, UNSAM-CNEA, 2013.

[3] Wright, M., Eddy Current Testing Technology. Eclipse Scientific 2nd ed., Canada,

2015.

## IT-25 ESTUDIO DE LA LINEALIDAD DE LA ESCALA DE UNA MICROBALANZA EN EL ALCANCE DE 1 A 100 MILIGRAMOS APLICANDO UN MÉTODO ALTERNATIVO

Touceda L<sup>1</sup>, Quille R<sup>1</sup><sup>1</sup> *Departamento de Mecánica y Acústica - Metrología Física - INTI*

Con el avance de la ciencia, se requiere una mayor exactitud de medición para las tecnologías que miden cantidades físicas, como la longitud, el tiempo y la masa. En metrología de masa, la medición precisa de materiales de pequeña masa es de gran interés. Para una medición precisa, es importante usar patrones de masa de alta exactitud o desarrollar nuevos métodos de medición para demostrar que los resultados de la medición son confiables. En este trabajo, se presenta el estudio de la linealidad de la escala electrónica de una microbalanza en el alcance de 1 mg a 100 mg utilizada en la diseminación del patrón nacional de masa. El objetivo es determinar los errores de linealidad de la escala electrónica de una microbalanza aplicando un método alternativo de calibración de microbalanzas. Para ello, se utilizó una microbalanza mecánica-electrónica de capacidad máxima de 5 g con resolución de 0,0001 mg, y cuenta con sistema de pesas internas desde 100 mg a 5 g. Para la caracterización de la linealidad de la microbalanza se aplicó el método alternativo de calibración de microbalanzas. La ventaja de este método con respecto al método tradicional de calibración de balanzas consiste en la obtención de una menor incertidumbre de medición, y siendo únicamente necesario contar con una pesa patrón calibrada con incertidumbre de clase de exactitud E1 o mejor. En la presente comunicación se describe detalladamente el método alternativo, y se presentan resultados experimentales obtenidos utilizando dos pesas patrones de 100 mg y 10 mg, ambas con incertidumbre a clase E1, para la caracterización de linealidad de la microbalanza en el alcance de 100 mg a 10 mg y de 10 mg a 1 mg, respectivamente.

## IT-26 Estudio de la respuesta de un sensor de imagen CMOS comercial como detector directo de micro-radiografías para datación de muestras de madera

Corzi D L<sup>1 2</sup>, Gómez Berisso M<sup>1</sup>, Lipovetzky J<sup>1</sup>, Pérez M<sup>1</sup>, Alcalde Bessia F<sup>3</sup>, Sofó Haro M<sup>1</sup>, Martínez-Meier A<sup>4</sup>, Dalla-Salda G<sup>4</sup>, Sophie Sergent A<sup>4</sup><sup>1</sup> *Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*<sup>2</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Los sensores de imagen CMOS, originalmente diseñados para la captura de imágenes de alta resolución espacial mediante la detección de luz visible, pueden ser utilizados para la detección de fotones de rayos X permitiendo obtener radiografías de alta resolución de muestras pequeñas. Debido a que la interacción de los fotones con la muestra genera atenuaciones en la intensidad del haz, la información obtenida por el sensor puede utilizarse para la determinación de ciertas propiedades de la muestra. Por ejemplo, es posible obtener la densidad del material en función de la posición y en caso de que las muestras analizadas sean listones de madera tomados de un árbol, realizar el datage mediante la identificación de los anillos de crecimiento anuales.

En este trabajo se describe la utilización de un sensor de imagen CMOS comercial y un tubo de rayos X de micro foco de tungsteno de potencial variable para la captura de imágenes radiográficas de alta resolución espacial. Luego se determina la atenuación del haz generado por las muestras para distintas configuraciones de irradiación, modificando el espectro incidente al variar el potencial de alimentación del tubo e interponer filtros de diferentes materiales y espesores. Además, los resultados obtenidos se compararon con modelos calculados utilizando los coeficientes de atenuación y de absorción provistos por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de los Estados Unidos (National Institute of Standards and Technology, NIST). Por último, se evaluó la posibilidad de determinar variaciones en la densidad de muestras de madera de espesores constantes utilizando como referencia un patrón de acetato de celulosa.

## **IT-27 Estudio de las propiedades térmicas y mecánicas de films de base proteica, colágeno y gelatina. Efectos de la composición a pH constante.**

Pomarico M<sup>1</sup>, Berutti C<sup>1</sup>, Velázquez D<sup>1 2 3</sup>, Latorre M E<sup>3 4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

<sup>2</sup> Instituto de Física de Materiales de Tandil - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>4</sup> FCV / Centro de Investigación Veterinaria Tandil (CIVETAN). Tandil, Argentina

El colágeno es la proteína más abundante de los tejidos conectivos y se encuentra presente en todos los tejidos animales. Los principales residuos sólidos de la industria cárnica, son tejidos ricos en proteínas colágenas. A partir de estos es posible la obtención de subproductos colágeno y derivados (gelatina e hidrolizados), biopolímeros de múltiple uso y aplicación. El colágeno es un biomaterial con excelente biocompatibili-

dad, degradabilidad y adhesión [1]. Sin embargo, su escasa resistencia mecánica limita sus aplicaciones, por lo que se busca combinarlo con otros polímeros y biopolímeros [2]. La gelatina, es un biopolímero obtenido de la hidrólisis y desnaturalización del colágeno que se caracteriza por su excelente propiedad gelificante [3]. Las características y propiedades de los colágenos y gelatinas les permiten ser buenos materiales para la formación de *films* o *coatings*. En la industria de los alimentos presenta gran interés su aplicación como *packaging* naturales y biodegradables. A la fecha, pocos resultados se han reportado sobre la combinación de colágeno y gelatina para la formación de films. El objetivo del trabajo fue el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de films proteicos, obtenidos a partir de diferentes mezclas de colágeno (C) y gelatina (G) comerciales. Se evaluaron diferentes mezclas de C:G en relación (100:0-0:100) a pH 2,5. Los films mezclas fueron alcanzados por secado a 37°C durante 48h. Se estudió la estabilidad térmica de los films obtenidos mediante Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC). A partir del análisis de las curvas de DSC, se determinaron las temperaturas y entalpías de las diferentes transiciones de fase, para cada una de las composiciones. Se presentan resultados preliminares de ensayos mecánicos de tensión realizados sobre probetas extraídas de los films. Se determinó tensión de rotura, deformación máxima y módulo elástico. Los resultados obtenidos indican que es posible la elaboración de films a partir de la mezcla de colágeno y gelatina en diferentes proporciones, y que las propiedades termomecánicas del material dependen sensiblemente de la composición, permitiendo el diseño de un amplio espectro de materiales, de acuerdo a los requerimientos necesarios para su aplicación.

[1] Meyer, M. BioMed. Eng. OnLine (2019) 18:24

[2] Popa, S. et al, Materiale Plastice 54 (2) (2017) 359:361

[3] Luo, Q. et al, J. Food Eng. 313 (2022) 110762

## IT-28 Estudio de las propiedades termométricas en SPRTs metálicas en el punto triple de argón

Tenaglia Giunta B<sup>1</sup> <sup>2</sup>, Napán R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Física y Metrología, Unidad Técnica Calor, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)

<sup>2</sup> Instituto de la Calidad Industrial - Universidad Nacional de San Martín

La magnitud temperatura es una de las principales protagonistas en las ciencias biológicas y la búsqueda de mejorar los métodos de medición, con resultados reproducibles y comparables, es un continuo desafío. La industria biotecnológica obtiene sus productos a partir de sistemas biológicos, es por ello que el control de la temperatura es un punto crítico en la línea de producción para preservar la integridad y viabilidad de los mismos [1]. Un ejemplo concreto son las vacunas contra el COVID-19. En un estudio reciente, se han reportado los rangos de temperatura necesarios para el correcto

almacenamiento de algunas de las vacunas disponibles comercialmente. Por nombrar algunos, Pfizer debe almacenarse a  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  y Sputnik V a  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  [2]. Simplemente con estos dos ejemplos, es evidente la importancia de contar con trazabilidad en bajas temperaturas. Otras aplicaciones se encuentran en la criopreservación de muestras biológicas como células embrionarias, tejidos, órganos entre otros. En general, las técnicas de criopreservación requieren temperaturas entre  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dependiendo del tipo de muestra a conservar [3]. Actualmente, existe una gran demanda en la transferencia de conocimiento y de trazabilidad en el rango de bajas temperaturas y, esto conlleva, a la optimización de los métodos de medición durante la realización del punto triple de argón:  $83,8058\text{ K}$  (PT-Ar) para satisfacer dichas necesidades.

Los termómetros de resistencia de platino patrón (En inglés SPRTs) de vaina metálica son las más elegidas por los usuarios de diferentes sectores industriales debido a su bajo costo, robustez y fácil manipulación [4]. Aunque deben evitarse shocks mecánicos y térmicos considerables, exceden la fragilidad de las SPRTs de cuarzo. Sin embargo, los efectos de conducción de calor generados por las vainas de Inconel 600 o acero inoxidable son una de las razones por las que el plateau del punto triple de argón se desestabiliza y a veces no es posible lograr una calibración completa. A su vez los tiempos de respuesta de estos instrumentos se prolongan en el tiempo especialmente cuando son empleados en ambientes hostiles y manipuladas con poco cuidado. Finalmente, escasa información hay reportada sobre el comportamiento de las SPRTs de vaina metálica en el PT-Ar. Y además, es importante destacar que este último, es uno de los puntos fijos requeridos para calibrar sensores de temperatura en el rango ITS-90 que contempla puntos fijos criogénicos [5].

El objetivo principal de este estudio fue optimizar el método de calibración utilizando diferentes tipos de SPRTs de vaina metálica durante la realización de PT-Ar e investigar el efecto de la conductividad térmica sobre la resistencia eléctrica de SPRTs.

[1] D. Crommelin, R. Sindelar and B. Meibohm (Eds.), *Pharmaceutical Biotechnology*, Springer, New York, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-00710-2>

[2] A. F. Santos, P. D. Gaspar, and H. J. L. de Souza, 'Refrigeration of COVID-19 Vaccines: Ideal Storage Characteristics', *Energy Efficiency and Environmental Impacts of Various Vaccine Options*. *Energies*, vol. 14, pp. 1849, 2021. <https://doi.org/10.3390/en14071849>

[3] J. G. Day and G. N. Stacey (Eds.), *Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols*. *Methods in Molecular Biology* <sup>TM</sup>, Humana Press, Totowa, NJ, 2007. <https://doi.org/10.1007/1-59745-362-2/>

[4] J. Connolly, 'Industrial Resistance Thermometers', In R. E. Bentley (Ed.) *Resistance and Liquid-in-Glass Thermometry*, volume 2 of *Handbook of Temperature Measurement*, chapter 2, Springer-Verlag, Singapore, 1998. ISBN 981-4021-10-5.

[5] H. Preston-Thomas. 'The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90)'. *Metrologia*, vol. 27, pp. 3-10, Springer Verlag, 1990. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/27/1/002>

## IT-29 Estudio de la temperatura óptima del agua para el mate y número de cebadas máximo, a partir de la distribución de temperaturas dentro de la infusión y cambios en el color.

Pomarico M<sup>1</sup>, Berutti C J<sup>1</sup>, Peralta C S<sup>1</sup>, Ermiaga J M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

Varios saberes populares y tradiciones existen sobre 'la temperatura ideal' del agua para el mate. Numerosos estudios han abordado ésta en su relación a la salud y propiedades nutricionales [1, 2, 3]. Sin embargo, poco se conoce sobre la temperatura adecuada para que el rendimiento de la yerba sea óptimo. El objetivo del trabajo fue determinar la temperatura del agua que permite realizar el mayor número de cebadas posibles antes de que el mate se lave. Se considera 'lavado de mate' cuando se observa que la yerba está totalmente embebida, lo que supone que la temperatura es aproximadamente la misma en todo el contenido, y que el agua tiende a ser incolora. El proceso experimental consiste en la medición de la temperatura del agua en dos puntos distantes en el interior del recipiente con la yerba. Se virtió y se extrajo agua reiteradas veces hasta que se observó que la diferencia de temperatura era despreciable o nula. Luego, se le realizó un análisis de imagen al líquido extraído, con el fin de determinar la variación del color a lo largo de cada cebada. Este proceso fue realizado en tres ensayos, cada uno a diferente temperatura de cebada (63°C, 72°C, 80°C).

A partir del análisis de los resultados, se observó que la temperatura óptima del agua se encuentra entre los 72 y 75°C, permitiendo realizar entre 12 y 15 cebadas sin que el mate se lave. Asimismo, numerosos parámetros físicos restan evaluar para poder comprender el fenómeno de 'lavado'. Se desea continuar con el estudio, variando algunos de los parámetros que se han mantenido constantes para conocer más efectos sobre las diferentes propiedades físicas y químicas de esta infusión.

[1] Soria E. A., M. V. Cortez, A. R. Miranda, A. V. Scotta, L. Orosz, L. Rivadere, S. V. Serra, L. R. Aballay (2018) Libro: V Jornadas de Yerba Mate y Salud, agosto -2018 Universidad Juan Agustín Maza.

[2] Gambero, Alessandra and Ribeiro, Marcelo L. (2015) The Positive Effects of Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) in Obesity. *Nutrients*, 7, (2) p.730-750

[3] ¿Que tomamos cuando tomamos mate? Las investigaciones científicas presentadas durante las Jornadas de Divulgación Científica sobre Yerba Mate y Salud 2021. *Revista El Bien nuestro*. Instituto Nacional de la Yerba Mate N° 40 p. 7-13

## IT-30 Estudio del tren de válvulas de un motor de combustión interna

García Mazzanti P N<sup>1</sup>, Heidenreich E<sup>1</sup>, Errazquin J<sup>1</sup>, Del Campo F<sup>1</sup>, Montiel Barbará J E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería del Ejercito, UNDEF

El diseño de levas para un motor de combustión interna (MCI) es de vital importancia para lograr el buen funcionamiento de este en los distintos regímenes requeridos, asegurándose también que los demás componentes del mecanismo funcionen correctamente, como el resorte de válvula, botador y válvula. El método de diseño adoptado se basa en generar la curva de aceleración de la leva a partir de varios polinomios de quinto grado. Los coeficientes de estos polinomios son entonces los parámetros definidos por el diseñador. A partir de la curva de aceleración se obtienen, por derivación e integración, las curvas de desplazamiento, velocidad, jerk (variación de la aceleración) y quirk (derivada 4ta del desplazamiento). El modelo matemático elaborado representa dicho mecanismo a partir de los parámetros definidos por el diseñador. Esto permite analizar todos los aspectos involucrados, como por ejemplo el espesor de película lubricante, esfuerzos de contacto, frecuencias de vibración del resorte de válvula, curvas de desplazamiento, velocidad y aceleración de la leva, entre otros. Dicho modelo es programado en MATLAB con el objetivo de mejorar la velocidad y exactitud de análisis. Además, permite obtener de manera simultánea gran variedad de curvas que ayuden a una comprensión más detallada del funcionamiento del mecanismo.

## IT-31 Estudio de procesadores GMTI para radares aerotransportados

De Los Santos P<sup>1 2</sup>, Lugo J O<sup>1 2</sup>, Cappuccio L<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> INVAP S.E. Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado

En los últimos años la tecnología RADAR ha estado en constante avance. Desde análisis climático, pasando por control de cultivos y llegando inclusive a control de fronteras, esta tecnología ha demostrado su enorme versatilidad y valía. En este trabajo, nos centramos en el estudio de algoritmos para detectar objetos en movimientos que emplean la señal recibida por un radar aerotransportado. Estos algoritmos, conocidos como procesadores GMTI (Ground Moving Target Indication), son especialmente útiles a la hora de detectar vehículos en movimiento en la zona fronteriza de un país y se diferencian de los empleados en radares fijos en que el movimiento del RADAR mismo produce una serie de cambios en la señal recibida.

Entre los diversos cambios se destaca que el espectro en frecuencia de la señal que es

reflejada por el suelo, árboles y otras fuentes que no son de interés se ve incrementado y desplazado. Luego, uno de los objetivos principales de los procesadores GMTI es compensar estos efectos con el fin de lograr un mejor desempeño al momento de detectar objetos en movimiento que sean de interés.

En este trabajo se realiza un especial énfasis en el algoritmo DPCA (Displaced Phase Center Antenna) tanto en su versión adaptativa como no adaptativa. Este algoritmo emplea múltiples subaperturas de una antena para simular la situación en que el centro de fase del par transmisor-receptor está inmovil. Las rutinas de procesamiento propuestas son probadas empleando tanto datos simulados como adquiridos por la antena radar de banda X del primer modelo de evaluación tecnológica del pod ISR fijado a un Pucará en mayo de 2021.

### IT-32 Estudio y diseño de banco de medición de caudal de aire de aplicación automotriz

Sinagra Albornoz L D<sup>1</sup>, Errázquin J<sup>1</sup>, Peralta A O<sup>1</sup>, Montiel Barbará J E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería del Ejército, UNDEF

El presente trabajo se enfoca en la primera etapa del desarrollo de un banco de ensayos para la medición del caudal volumétrico de aire que circula través de los componentes de un motor de combustión interna vinculados a las fases de admisión y escape. El diseño de la instalación y los elementos de medición se realizan siguiendo los lineamientos de las normas ASME MFC 3M-2004 e ISO 5167, siendo estos estándares los más aceptados en la industria en materia de medición de fluidos. Luego del dimensionamiento de los elementos de medición se procede a realizar un estudio de los mismos en las condiciones de flujo esperadas mediante un software de mecánica de fluidos computacional, el cual permite validar el dimensionamiento realizado bajo norma, garantizando la obtención de los valores esperados de caudal volumétrico de aire en función a la presión diferencial obtenida. Finalmente, se estudian las pérdidas de carga asociadas al diseño de tubería y se determina la curva de caída de presión del sistema. Con esta curva, se procede a la selección de los motores aspiradores que aseguren los parámetros de caudal y presión estática requeridos en condiciones de operación.

### IT-33 Evolución con la temperatura del proceso de exsolución en óxidos tipo perovskita de composición general $Sr_x(Ti,Fe,Ni,Co)O_{3-\delta}$

Santaya M<sup>1 2</sup>, Jiménez C E<sup>3</sup>, Arce M D<sup>1 3</sup>, Troiani H E<sup>1 2 4</sup>, Toscani L M<sup>5</sup>, Carbonio E A<sup>6 7</sup>, García-Diez R<sup>3</sup>, Wilks R G<sup>3</sup>, Knop-Gericke A<sup>6 8</sup>, Bär M<sup>3 9 10</sup>, Moggi L V<sup>1 4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Caracterización de Materiales, Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET), Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500, Bariloche, Rio Negro,

8400, Argentina

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Río Negro

<sup>3</sup> Dept. Interface Design, Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Albert-Einstein-Str.15, 12489, Berlin, Germany.

<sup>4</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>5</sup> Instituto de Tecnologías Emergentes y Ciencias Aplicadas (ITECA), UNSAM-CONICET, Escuela de Ciencia y Tecnología, Laboratorio de Cristalografía Aplicada, San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina

<sup>6</sup> Department of Inorganic Chemistry, Fritz-Haber Institute der Max-Planck-Gesellschaft, Faradayweg 4-6, 14195 Berlin, Germany

<sup>7</sup> Catalysis for Energy, CE-GKAT, Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Albert-Einstein-Str.15, 12489, Berlin, Germany

<sup>8</sup> Department of Heterogeneous Reactions, Max Planck Institute for Chemical Energy Conversion, Stiftstrasse 34 ? 36, 45470 Mülheim an der Ruhr, Germany

<sup>9</sup> Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Egerlandstr. 3, 91058 Erlangen, Germany

<sup>10</sup> Helmholtz Institute Erlangen-Nürnberg for Renewable Energy (HI ERN), Albert-Einstein.Str. 15, 12489 Berlin, Germany

La exsolución es un método utilizado para decorar la superficie de óxidos con nanopartículas metálicas, con el objetivo de incrementar su actividad catalítica en una reacción química determinada. Este método cobró recientemente una gran relevancia en el estudio de electrodos para celdas de combustible de óxido sólido (SOFC, por sus siglas en inglés) y en el área de catálisis en general [1]. El fenómeno de exsolución consiste en la segregación controlada de cationes que originalmente se encuentran incorporados en la estructura del óxido soporte, pero que son fácilmente reducibles al estado metálico al ser sometidos a una atmósfera reductora (e.g. altas temperaturas en hidrógeno). En nuestro caso el Ni, el Co y en menor medida el Fe son los cationes que en condición reductora difunden hacia la superficie y se reducen formando nanopartículas metálicas homogéneamente distribuidas en la superficie del óxido [2,3]. En este trabajo estudiaremos el proceso de exsolución a partir de óxidos tipo perovskita de composición  $\text{Sr}_{0,93}(\text{Ti}_{0,3}\text{Fe}_{0,63}\text{Ni}_{0,07})\text{O}_{3-\delta}$  (STFN) y  $\text{Sr}_{0,93}(\text{Ti}_{0,3}\text{Fe}_{0,56}\text{Ni}_{0,07}\text{Co}_{0,07})\text{O}_{3-\delta}$  (STFNC) para ser utilizados como electrodos en celdas SOFC. Buscaremos seguir los cambios en estados de oxidación de los metales de transición Ni, Co y Fe mediante espectroscopia de absorción y de fotoemisión de rayos X en condiciones in-situ a presión cuasi-ambiental (AP XAS y AP-XPS, mediciones realizadas en las líneas ISSS y BeICHEM del sincrotrón BESSY II de Berlín). Asimismo, complementaremos esta información con técnicas de caracterización disponibles en nuestros laboratorios como microscopia electrónica de barrido (SEM) y transmisión (TEM). Veremos que el proceso de exsolución en los electrodos STFN y STFNC es fundamentalmente diferente

del proceso de segregación de Fe en el electrodo no dopado,  $\text{SrTi}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{O}_{3-\delta}$  (STF), en donde el Fe es expulsado principalmente por los bordes de grano obteniendo una menor cantidad de partículas por unidad de área y siendo éstas de mayor tamaño en comparación con las nanopartículas exsolvidas en STFNC y STFNC. Por otro lado, estudiaremos el proceso de exsolución en los electrodos STFNC y STFNC mediante dos métodos de reducción diferentes: (i) incrementando la temperatura progresivamente en atmósfera de 50 %  $\text{H}_2$  húmedo hasta 700 °C y (ii) incrementando la temperatura en aire hasta los 700 °C y, una vez allí, cambiando a atmósfera reductora de 50 %  $\text{H}_2$  húmedo. Con el primer método observaremos a partir de qué temperatura comienza a producirse la exsolución de cada uno de los elementos químicos que componen los electrodos. Con el método de reducción (ii) veremos que las características del proceso de exsolución cambian dependiendo de la ruta de reducción utilizada.

[1] R. Lv, Z. Guo, X. Hou, X. Wu, K. Huang, S. Feng, *Mater. Today Sustain.* 19 (2022) 100172.

[2] M. Santaya, H.E. Troiani, A. Caneiro, L. V Mogni, *ACS Appl. Energy Mater.* 3 (2020) 952879533.

[3] M. Santaya, C.E. Jiménez, H.E. Troiani, E.A. Carbonio, M.D. Arce, L.M. Toscani, R. Garcia-Diez, R.G. Wilks, A. Knop-Gericke, M. Bär, L.V. Mogni, *J. Mater. Chem. A.* (2022). doi: <https://doi.org/10.1039/D2TA02959F>.

## IT-34 **Fatiga funcional y estimación de fuentes de calor asociadas a transformaciones martensíticas en aleaciones con memoria de forma base NiTi mediante correlación digital de imágenes y termografía infrarroja**

Bustos R<sup>1 2</sup>, Soul H<sup>1 2</sup>, Alonso G<sup>3 2</sup>, Bertolino G<sup>1 2</sup>, Yawny A<sup>1 3 2</sup>

<sup>1</sup> CONICET

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

Las aleaciones con memoria de forma (AMF) exhiben dos comportamientos distintivos, el efecto memoria de forma y la superelasticidad. El primero se refiere a la capacidad de estos materiales de recuperar deformación mediante aumentos moderados de temperatura, mientras que el segundo hace referencia a la posibilidad de deformarse reversiblemente bajo la aplicación de cargas mecánicas hasta niveles de deformación cercanos al 10%. Ambos efectos tienen lugar gracias a la existencia de transformaciones de fase sin difusión, inducidas por tensiones, entre una fase austenita (A) y una fase martensita (M), pudiendo existir en ciertos casos fases intermedias. Las aleaciones base Níquel-Titanio (NiTi) se destacan entre las AMF debido tanto a

su biocompatibilidad como a sus excelentes propiedades mecánicas y alta resistencia a la corrosión. Por todo esto, tienen gran relevancia en aplicaciones médicas y en actuadores de distinto tipo. Resulta por tanto interesante estudiar la evolución del comportamiento superelástico de estas aleaciones al ser sujetas a cargas y deformaciones variables.

Al ser sometidas a incursiones cíclicas de tracción, las AMF manifiestan el efecto superelástico mediante la aparición de un lazo de histéresis en su respuesta tensión-deformación. Cada lazo presenta, en general, dos plateaus de tensión asociados a la ocurrencia de las transformaciones de fase directa (A-M, exotérmica) e inversa (M-A, endotérmica). En el caso de aleaciones de NiTi policristalino, las transformaciones en ambos sentidos tienen lugar mediante la propagación de frentes similares a las bandas de Lüders [1], siendo las tensiones críticas dependientes de la temperatura a través de una relación tipo Clausius-Clapeyron.

La variación de las propiedades funcionales (tensiones críticas, histéresis mecánica, deformaciones irreversibles, etc.) debido al ciclado en carga se denomina fatiga funcional [2]. La evidencia experimental muestra que conforme avanza el ciclado, se produce una disminución de las tensiones críticas y de la histéresis mecánica, mientras que las deformaciones permanentes se ven incrementadas. Estos resultados fueron obtenidos mayormente en ensayos instrumentados. En la actualidad, el desarrollo de técnicas de no contacto tales como la termografía infrarroja (IRT) y la correlación digital de imágenes (DIC) ha permitido alcanzar mayor precisión en la determinación de deformaciones locales y temperaturas superficiales [3]. La obtención de información de campo completo y alta precisión permite además alcanzar una mayor comprensión de los fenómenos localizados que tienen lugar durante las etapas de deformación heterogénea.

En el presente trabajo se presenta una descripción fenomenológica del proceso de deformación que experimentan cintas superelásticas de NiTi monitoreadas mediante un sistema integrado DIC-IRT. Tal descripción se produce a través del procesamiento de mapas lagrangianos de deformación, tasa de deformación y temperatura superficial. La técnica DIC, implementada mediante la utilización de un sistema de correlación digital de imágenes 3D, permitió obtener información detallada sobre la evolución del campo de deformaciones con el ciclado, así como la evolución de los lazos superelásticos. A partir de los mapas de temperatura, se efectuó la reconstrucción de fuentes de calor mediante la resolución de un problema inverso basado en la ecuación del calor. Se encontró que la fuente de calor, utilizada como parámetro para estudiar el movimiento de frentes de transformación, presenta una fuerte correlación lineal con la tasa de deformación local durante las etapas de deformación heterogénea de los primeros ciclos. Sin embargo, se observó que dicha correlación se pierde conforme avanza el ciclado, presumiblemente debido a la aparición de otros mecanismos diferentes a la transformación martensítica.

- [1] J. A. Shaw, S. Kyriakides, Thermomechanical aspects of NiTi, *Journal of Mechanics and Physics of Solids* 43 (8) 1995
- [2] G. Eggeler, E. Hornboger, A. Yawny, A. Heckmann, M. Wagner, Structural and functional fatigue of NiTi shape memory alloys, *Materials Science and Engineering: A* 378 (1-2) 2004
- [3] E. Alarcon, L. Heller, Deformation infrared calorimetry for materials characterization applied to study cyclic superelasticity in NiTi wires, *Materials and Design* 199 2021

## IT-35 Implementación de una red Neuronal para corregir Imágenes de RMN distorsionada por ruido de fase

Forte G O<sup>1</sup>, Anardo E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola*

La construcción de imágenes a partir de experimentos de Resonancia Magnética Nuclear (RMN), cuando estos se realizan con equipamiento de RMN cuyo campo magnético principal es generado utilizando electroimanes, presentan ciertas dificultades que afectan la calidad de las imágenes obtenidas. En particular, debido a inestabilidades en el campo generado y que son inherentes a ellos, aparecen corrimientos de fase en las señales de RMN obtenidas lo cual lleva a la aparición de un artefacto en la imagen que se muestra como fantasmas de ella misma a lo largo de uno de los ejes dimensionales de la figura. Diferentes estrategias se utilizan para corregir esta distorsión, con variado resultado. En general la corrección nunca es completa, y en ocasiones inclusive el algoritmo de corrección podría llegar a degradar aun mas la calidad de la imagen. Se propone una manera alternativa de corregir la imagen, utilizando una forma de referencia en el mismo espacio del probe donde se coloca la muestra bajo estudio de la cual se desconoce la imagen que debiera obtenerse. Sin embargo sí se conoce exactamente cual es la forma que debiera observarse en condiciones ideales de la muestra de referencia. Esta información puede ser utilizada por una red neuronal que compara la imagen recibida de la referencia contra la esperada, y luego en un proceso iterativo corrige los ángulos de fase de las señales de RMN recibidas para reducir la aparición de fantasmas en la imagen final obtenida por el instrumento.

## IT-36 Implementación de un procesador softcore de 8 bits con arquitectura Von Neumann en FPGAs de bajo costo

Costa M<sup>1</sup>, Vazquez Sarullo F<sup>1</sup>, Heredia M<sup>1</sup>, Ghignone R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Grupo ASE - UTN Facultad Regional Haedo*

En este trabajo se presenta la implementación de un softcore de 8 bits en una en FPGA ("Field Programmable Gate Array") de bajo costo (EDU-CIAA-FPGA). El objetivo de este trabajo es descomponer la arquitectura de un procesador hasta sus partes más primordiales para caracterizarlas y así implementarlas por separado. Con esta idea en mente, se codifica cada bloque en lenguaje de descripción de hardware, pensando en un modelo de enfoque "bottom-up". El diseño cuenta con un ISA ("Instruction Set Architecture") del tipo "load-store" con un total de 11 instrucciones básicas para poder realizar operaciones entre registros y saltos en memoria. En conjunto al diseño se utiliza un periférico UART ("Universal Asynchronous Receiver-Transmitter") para poder realizar, mediante el FTDI ("Future Technology Devices International") que posee la placa EDU-CIAA-FPGA, la visualización en una terminal de computadora el string "Hello World". Finalmente, un análisis de uso de recursos arrojó como resultado que se utilizó el 5% de la capacidad total de la FPGA. Estos resultados son muy alentadores ya que al poder implementar un procesador con un set de instrucciones específico en FPGAs de bajo costo permite su utilización en distintas ramas de la industria donde no siempre son necesarios sistemas con un gran set de instrucciones reduciendo drásticamente los costos.

## IT-37 **Modelo físico-matemático de un Sistema Autónomo de Energías Renovables**

Konverski P N<sup>1</sup>, Ortega R G<sup>1</sup>, Fasóli H J<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca*

<sup>2</sup> *Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Pontificia Universidad Católica Argentina*

La provisión de energía eléctrica mediante sistemas híbridos autónomos se constituye como una opción fuerte dentro de los sistemas energéticos verdes, teniendo en cuenta el estado del arte actual en este campo. En particular, cuando se emplean dispositivos que combinan energía solar y energía eólica con hidrógeno se debe atender a la disponibilidad y variabilidad de las fuentes primarias. Por ello, los desarrollos tecnológicos se orientan a corregir esta variabilidad enfocándose hacia la predicción de los recursos y el almacenamiento de la energía eléctrica proveniente de parques solares y eólicos. En este estudio se establece un modelo físico-matemático que describe el comportamiento de un sistema autónomo, empleando una analogía con un sistema físico sencillo. Obteniendo así una expresión que, a partir de las condiciones que cumplen cada uno de los componentes del sistema, permita predecir su funcionamiento en términos de la disponibilidad de recursos primarios.

Con la intención de satisfacer los requerimientos en una vivienda rural, con prestaciones similares a las disponibles en zonas urbanas, se establece un sistema híbrido de generación eléctrica con fuentes renovables utilizando las tecnologías de paneles

fotovoltaicos y aerogeneradores con stacks de celdas de combustibles (PEM) a hidrógeno generado y almacenado in situ, con la finalidad de garantizar la autonomía energética. Adicionalmente, se dimensionan los dispositivos constituyentes del sistema energético, para su aplicación en un paraje de la provincia de Catamarca, tomando como referencia los recursos y consumos locales promedio. En consecuencia, el vector hidrógeno actúa no solo como acumulador energético sino también como elemento estabilizador y por ello aborda el cumplimiento de la definición de sistema autónomo si se analizan las series temporales de oferta y demanda para la arquitectura energética propuesta.

## IT-38 **MultiSpect WinLab: Colorímetro multiespectral para espectroscopía UV-Visible open source**

Cremades P<sup>1</sup>, Ventura M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Cuyo*

La espectroscopía de absorción UV-Visible es una técnica muy utilizada en química analítica para determinar y cuantificar la presencia de determinada sustancia en una muestra. Los espectrofotómetros UV-Visibles son equipos costosos y delicados, es decir, que no son portátiles; por lo que son sólo accesibles para laboratorios de análisis especializados.

En este trabajo se presenta el diseño y desarrollo de un colorímetro multiespectral open source, reconfigurable, de bajo costo, portátil y fácilmente reproducible. El dispositivo cuenta con dos componentes básicos: una fuente de luz multiespectral y un detector de intensidad lumínica. El sintetizador de luz multiespectral utiliza fuentes de luz LED monocromáticas. Los haces de luz monocromática se combinan espacialmente mediante una grilla de difracción [1]. El haz combinado a la salida pasa por un porta cubeta para cubetas estándar de 10mm de camino óptico. Finalmente, el haz incide sobre un sensor de intensidad lumínica OPT3002 de amplio espectro (300nm - 1000nm) y amplio rango ( $1.2nW/cm^2$  -  $10mW/cm^2$ ). La estructura óptica del dispositivo está realizada mediante impresión 3D. Los diseños de las piezas están desarrollados en OpenSCAD, un lenguaje de tipo script para modelado tridimensional. El colorímetro puede reconfigurarse fácilmente para operar a cualesquiera longitudes de onda. Simplemente debe configurarse la base del sintetizador multiespectral, cargando la lista de longitudes de onda a las que se desea trabajar. El script de OpenSCAD genera la pieza automáticamente. El resultado es una nueva base con los zócalos para los colimadores LED en las posiciones angulares correspondientes para las longitudes de onda seleccionadas.

Dado que en general los LEDs que se consiguen en el mercado local no tienen las especificaciones técnicas, principalmente, la longitud de onda de pico, en el marco de este trabajo se ha desarrollado un accesorio para un espectrofotómetro marca

Shimadzu UV-Vis 1800 que permite medir el espectro de emisión de los LEDs, a fin de caracterizarlos y poder seleccionar los adecuados [2].

Este desarrollo se propone desde una perspectiva que permita romper con la inequidad de acceso al conocimiento: Tecnología Libre. El éxito rotundo del movimiento de software libre ha propiciado que el concepto se haya propagado a otras áreas como la educación, la producción de conocimiento científico (journals open access) y el desarrollo de tecnología para el desarrollo sustentable [3]. Este paradigma supone que debe garantizarse el acceso irrestricto a toda la información necesaria para que cualquiera pueda replicar, modificar y reutilizar cualquier desarrollo tecnológico. En particular ha tomado fuerte impulso el desarrollo de instrumental científico de código abierto (open science hardware) como una forma de apostar a la democratización del conocimiento y propiciar el intercambio transparente de ideas [4]. En consonancia con estos principios, todos los archivos de diseño de este proyecto están publicados en un repositorio de libre acceso: <https://gitlab.fcen.uncu.edu.ar/pcremades/multispect-wine-lab>. El desarrollo está publicado bajo una licencia open source (CERN Open Hardware Licence v1.2).

## Referencias

- [1] Sanchez-Rubio Antonio, Tso Yee Fan, Steven J. Augst, Anish K. Goyal, Kevin J. Creedon, Juliet T. Gopinath, Vincenzo Daneu, Bien Chann, and Robin Huang. Wavelength Beam Combining for Power and Brightness Scaling of Laser Systems. LINCOLN LABORATORY JOURNAL. VOLUME 20, NUMBER 2, 2014.
- [2] Talbott, Mark; Clifford, Robert H. Characterization of Light Emitting Diodes (LEDs) and Compact Fluorescent Lamps (CFLs) by UV-Visible Spectrophotometry. Shimadzu Scientific Instruments, Columbia, MD, USA. 2013.
- [3] Pearce, J.M. The case for open source appropriate technology. Environ. Dev. Sustain. 2012, 14, 4257431.
- [4] Christian, W.W.; Esquembre, F.; Barbato, L. Open source physics. Science 2011, 334, 1077-1078.

## IT-39 Navegación GPS Absoluta y Relativa para Vuelo Satelital en Formación.

Lavirgen J<sup>1</sup>, Relloso J<sup>1</sup>, España M<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires

En el presente trabajo se propone un algoritmo de navegación para formaciones satelitales basado en observables GPS filtrados con el modelo dinámico de la formación en un filtro de Kalman extendido. El modelo propuesto está compuesto por la dinámica de los vectores posición y velocidad absolutos del satélite principal y de los vectores

posición y velocidad relativos de cada acompañante respecto del primero. Este enfoque simplifica el cálculo computacional sin perder precisión en la propagación de los estados. Se muestra en simulación que, con los observables disponibles a lo largo de una órbita LEO típica, los errores de estimación en posición y velocidad son, respectivamente, del orden del metro y cm/seg para el caso absoluto y del cm y mm/seg en el caso relativo.

### **IT-40 Optimización en el dimensionamiento del tamaño de lote de pedido mediante un modelo de gas de red**

Mieras M M<sup>1</sup>, Tobares T D<sup>1</sup>, Sanchez Varretti F O<sup>1</sup>, Urquiza L<sup>1</sup>, Cramero C<sup>1</sup>, Giaroli M E<sup>1</sup>, Amaya Holgado M<sup>1</sup>, Bustos Buenanueva P<sup>1</sup>, Rubio J<sup>1</sup>, Ramirez Pastor A J<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL*

La creciente necesidad de las empresas de reducir los costos en sus operaciones diarias e incrementar los beneficios ha generado que se vean a las actividades logísticas como un foco para alcanzar estos dos objetivos. Dentro de esta temática se observa que el problema del tamaño del lote es uno de los más importantes en la producción y el control de inventario. Tomar las decisiones correctas respecto a cuándo y cuánta cantidad de materia prima y/o insumos adquirir afecta directamente el rendimiento del sistema y su productividad, lo que influye sobre el nivel de competitividad de la empresa en el mercado. En este contexto nuestro grupo de investigación comenzó a estudiar el posible desarrollo de una metodología por la cual se analicen todas las opciones de pedidos y se pueda determinar el tamaño óptimo de reaprovisionamiento del lote. Se llevaron a cabo trabajos que permitieron obtener aproximaciones sobre el comportamiento de un modelo planteado sin restricciones. Los estudios realizados permitieron detectar que el modelo de gas de red unidimensional con interacciones laterales es isomorfo al dimensionamiento de lote de pedidos por lo que es una herramienta válida de optimización. El objetivo es plantear un modelo teórico mediante un sistema mecánico estadístico que permita el estudio de los tamaños de lotes de pedidos. El cálculo de los costos asociados a los estados más probables de cada agrupamiento permite determinar el tamaño óptimo de los mismos, mediante simulación computacional se valida el modelo propuesto. Se pretende avanzar en esta línea de investigación contemplando el deterioro de los artículos y volumen de compra.

### **IT-41 Orbit raising de satélites GEO de nueva generación con propulsión iónica**

Micheletti L M<sup>1</sup>, Laudari A<sup>1</sup>, Relloso J<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Área Guiado Navegación y Control - INVAP S.E.*

<sup>2</sup> INVAP S.E. *Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado*

El orbit raising de satélites geoestacionarios (GEO) consiste en las maniobras necesarias para llevar el satélite desde la órbita inicial en que es introducido por el lanzador hasta la órbita GEO de 35786 km de altura. La gran ventaja de la propulsión iónica es una mayor eficiencia y un menor peso comparada con la propulsión clásica o química, a costa de un empuje hasta mil veces menor. A causa de esto los satélites necesitan propulsar continuamente y el desafío consiste en optimizar la dirección de propulsión a todo momento de modo que el consumo de combustible sea el menor posible y al mismo tiempo maximizar la generación de energía, necesaria para la propulsión, durante los seis meses aproximadamente que dura el orbit raising.

## IT-42 Permeabilidad magnética relativa como un parámetro efectivo en ensayos por corrientes inducidas sobre aceros ferromagnéticos

Fava J O<sup>1</sup>, Carabedo F<sup>2</sup>, Gutiérrez M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad Regional Haedo - Universidad Tecnológica Nacional*

<sup>2</sup> *Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica*

En el ensayo no destructivo por corrientes inducidas (CI) un inductor alimentado por una corriente alterna (CA) escanea un componente conductor con el fin de detectar discontinuidades: fisuras, cambios en las propiedades electromagnéticas o en la microestructura, o variaciones en la geometría. Las indicaciones del ensayo son variaciones de la impedancia del inductor, el cual forma parte de una sonda de inspección. La configuración de los campos electromagnéticos y la penetración de las CI en el material dependen de la frecuencia del ensayo ( $f$ ), de la geometría del componente y del inductor, de la conductividad ( $\sigma$ ) y de la permeabilidad relativa ( $\mu_r$ ). Para un ensayo de CI, generalmente, el valor de  $\mu_r$  se toma de una tabla, el cual corresponde a un valor estimado en un ensayo donde se determina el ciclo de histéresis del material. Pero la respuesta de un material ferromagnético a una CA depende de la frecuencia de esta, [1]. Diferentes aceros ferromagnéticos fueron seleccionados para esta investigación, la cual constituye una aproximación que combina un modelo teórico y datos experimentales. El procedimiento empleado es el siguiente: Conociendo la geometría de la bobina, el espesor y la conductividad eléctrica del material, se aplicó una técnica inversa de corrientes inducidas [2], con el fin de determinar las permeabilidades magnéticas relativas para diferentes rangos de la frecuencia de ensayo. Esta técnica consiste en un ajuste de mediciones de impedancia utilizando un algoritmo de cuadrados mínimos no lineal. La función de ajuste es calculada con un modelo teórico, el cual describe el ensayo [3], y el parámetro a ajustar es la permeabilidad magnética relativa; en este sentido es que se le da el nombre de efectiva. Los valores efectivos

obtenidos para la permeabilidad pueden ser interpretados como los que deberían ser considerados en un ensayo por corrientes inducidas. Las mediciones son hechas para diferentes rangos de frecuencia, y las  $\mu_r$  efectivas son obtenidos para cada rango. Presentaremos los resultados de aplicar el método sobre aceros de rieles ferroviarios y sobre aceros inoxidables austeníticos deformados en frío. Para el caso de estos aceros inoxidables, la deformación en frío hace que parte de la austenita transforme a martensita (fase ferromagnética). Con los valores de las  $\mu_r$  efectivas halladas calculamos los campos sobre el material conductos y comparamos con la penetración estándar de las corrientes que se emplea según normas de los ensayos de CI.

- [1] J J Rose, E Uzal and J Moulder, *Rev Prog Quant Nondestr Eval.* 14 (1995) 315  
 [2] J Fava, F Carabedo y C Spinosa, IT: IN-13-E-151-IM/16 CNEA (2016)  
 [3] T Theodoulidis and E Kriezis, *Eddy Current Canonical Problems (with Applications to Nondestructive Evaluation)*, Forsyth: Tech Science Press, (2006)

## IT-43 Preparación de nanovarillas de ZnO y optimización como fotodetector UV

Rodríguez D F<sup>1</sup>, Perillo P M<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Micro y Nanotecnología - Centro Atómico Constituyentes - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>2</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)*

Las películas de ZnO han atraído una creciente atracción debido a su amplia perspectiva de aplicación en campos optoelectrónicos. Entre ellos, la fotodetectores basados en nanovarillas de ZnO pueden presentan alta sensibilidad y tiempos de respuesta rápido [1-2].

Las nanovarillas de ZnO se han preparado utilizando un proceso de dos pasos. El primer paso se depositó una semilla de ZnO sobre sustratos de vidrio utilizando un proceso consistente de adsorción y reacción de capas iónicas sucesivas, denominado SILAR [1]. En el segundo paso se realiza un baño químico donde se produce el crecimiento de las nanovarillas. Finalmente se han realizado diferentes tratamientos térmicos. Las medidas de detección de las películas se realizaron en una cámara que posee iluminación LED de longitud de onda de 395 nm y una potencia de la luz de 1 mW/cm<sup>2</sup>. Los resultados indicaron que el proceso de recocido tiene un impacto grande y significativo en las propiedades ópticas. Ajustando los parámetros de recocido fue posible mejorar los tiempos de fotorrespuesta y sensibilidad de la película de nanovarillas de ZnO.

- [1] Yi, Gyu-Chul, Chunrui Wang, and Won Il Park. "ZnO nanorods: synthesis, characterization and applications". *Semiconductor science and technology* 20.4 (2005)

[2] Altaf Yahya Al-Sheirey, Aamna Balouch, Elvy Rahmi Mawarnis, Liszulfah Roza, Mohd. Yusri Abd. Rahman, Abdullah, Ali Muhammad Mahar. "Effect of ZnO seed layer annealing temperature on the growth of ZnO nanorods and its catalytic application". *Optical Materials*, Volume 131, (2022) 112652.

[3] Ahmed Fattah Abdulrahman, N.M. Abd-Alghafour, Sabah M. Ahmed. "Optimization and characterization of SILAR synthesized ZnO nanorods for UV photodetector sensor, *Sensors and Actuators A: Physical*, Volume 323. (2021).112656.

## IT-44 Producción de hidrógeno mediante hidrólisis de descartes de aleaciones comerciales base magnesio

Rodríguez M<sup>1, 2</sup>, Castro F J<sup>3, 2</sup>, Bobet J L<sup>4</sup>, Urretavizcaya G<sup>3, 2</sup>

<sup>1</sup> *Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>2</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>3</sup> *Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>4</sup> *Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux*

En el contexto de una transición energética hacia una economía menos dependiente de los combustibles fósiles el uso del hidrógeno es una alternativa muy interesante. Sin embargo, todavía existen desafíos científicos y tecnológicos relacionados con la producción, el almacenamiento y el uso del hidrógeno. Actualmente el hidrógeno se obtiene principalmente mediante el reformado de metano y solo un 5% se genera a partir de la electrólisis del agua. Además de estos métodos tradicionales, se están explorando alternativas de producción, como el uso de biomasa, fotólisis o hidrólisis. Esta última opción es una alternativa interesante en el caso de pequeños dispositivos o vehículos livianos que podrían usar el hidrógeno generado in situ, evitando la necesidad de almacenarlo. La reacción de hidrólisis de un metal M de los grupos 1, 2 o 13 de la tabla periódica es:



donde n representa el estado de oxidación de M. Mediante esta reacción M es oxidado y como consecuencia de este proceso se libera hidrógeno. Si el metal M es Mg esta reacción es particularmente interesante, ya que se produce una elevada cantidad de hidrógeno (8.2% p/p) de manera espontánea a temperatura y presión ambiente. El hidrógeno obtenido de esta reacción es puro, y el producto sólido Mg(OH)<sub>2</sub> de la misma es una sustancia inocua desde el punto de vista ambiental. Esta forma

de producir hidrógeno es aún más conveniente si el Mg que se emplea se obtiene reciclando desechos industriales de aleaciones base Mg. Con esta opción se reduce el costo del hidrógeno producido y a la vez se elimina un residuo peligroso, ya que el Mg es una sustancia pirofórica. Sin embargo, hay algunas dificultades asociadas a este método de producción de hidrógeno. La principal es la formación de una capa de  $Mg(OH)_2$  en la superficie del material que lo pasiva y detiene la reacción. Para resolver este inconveniente se han explorado varias alternativas, como la molienda mecánica del material, el uso de soluciones ácidas, el uso de soluciones salinas, y la incorporación de aditivos [1-3]

En este trabajo presentamos los resultados de una combinación de estas estrategias para producir hidrógeno partiendo de virutas de descarte de aleaciones base magnesio provenientes de la fabricación de ánodos de sacrificio y del maquinado de cajas de velocidad. Las virutas fueron acondicionadas mediante un proceso de limpieza previa y de molienda mecánica posterior en un molino planetario bajo atmósfera de aire. Durante este proceso se utilizaron diferentes aditivos con el objetivo de reducir el tamaño del material y de maximizar la cantidad de hidrógeno generado y la cinética de la reacción. Discutiremos las características generales de los materiales obtenidos y sus propiedades de generación de hidrógeno mediante la reacción de hidrólisis. En particular se analizará el efecto en la producción de hidrógeno del tiempo de molienda, del tamaño del material obtenido, del uso de agentes de control de proceso durante la molienda (grafito) y de la incorporación de sustancias que aceleran la reacción mediante la formación de pares galvánicos (Fe). Entre los principales resultados se destacan: 1) que la reactividad del material aumenta con el tiempo de molienda y con la disminución del tamaño del material, 2) que sin aditivos se obtienen rendimientos entre el 70 % y el 90 % luego de 30 minutos de reacción, 3) que el agregado de grafito durante las últimas etapas de la molienda reduce significativamente el tamaño del material procesado y que la incorporación de Fe acelera notablemente la reacción, y 4) que con estos aditivos se mantienen los rendimientos y se reduce el tiempo de reacción a menos de 5 minutos.

[1] S Xu and J Liu, Energy 13 (2019) 27.

[2] EY Marrero-Alfonso, AM Beird, TA Davis and MA Matthews, Ind. Eng. Chem. Res. 48 (2009) 3703.

[3] X Xie, C Ni, B Wang, Y Zhang, X Zhao, L Liu, B Wang and W Du, J. Alloys Compd. 816 (2020) 152634.

## **IT-45 RECONOCIMIENTO DE OBJETOS BASADOS EN LIDAR E IMÁGENES DIGITALES- AVAN- CES EN EL SISTEMA LIDAR**

Urbano Pintos N<sup>1 2</sup>, Donato C<sup>1</sup>, Lacomí H<sup>1 3</sup>, Lavorato M B<sup>2</sup>

<sup>1</sup> División Radar Láser - Dto. LASER - DEILAP (CITEDEF-CONICET)

<sup>2</sup> Grupo TAMA - Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Haedo

<sup>3</sup> Grupo ASE - UTN Facultad Regional Haedo

En el marco del desarrollo de la tesis de doctorado "Fusión de señales LIDAR de baja resolución espacial e imágenes Digitales para la detección y clasificación de objetos". Se realizaron avances en la construcción del sistema lidar, el cual se basa en el principio de Tiempo de Vuelo (ToF ? Time of Flight)[1]. Se caracterizó al emisor láser de 905nm (OSRAM SPL PL90-3) [2], midiendo su spot, su energía y su potencia pico con diferentes anchos de pulso, se utilizó como driver a la fuente de corriente pulsada TIDA-01573[3]. Además, se montó la óptica de transmisión y recepción, que está compuesta por 2 lentes planos convexos, para lograr medir distancias de hasta 10 m, se efectuaron pruebas de detección de pulsos con el fotodiodo OSRAM SFH2701. Asimismo, se diseñó el circuito de amplificación de la señal basado en un amplificador de transresistencia, el mismo se encuentra actualmente en construcción. También se efectuaron avances en sistema de adquisición, se diseñó un sistema basado en un convertidor TDC (Time to digital), el cual mide tiempos hasta 2 ns con una resolución de 55 ps. El mismo mide el tiempo transcurrido entre un pulso de inicio y un pulso de finalización, entrega los datos a través de un puerto I2C. El LIDAR se montará en un sistema mecánico para hacer un barrido y obtener un mapa del entorno que lo rodea, denominado nube de Puntos. Se definió que para las primeras pruebas, el sistema se montará en la Plataforma motorizada altazimutal multipropósito diseñada y construida por la DRL[4] El control del dispositivo y el procesamiento de la señal LIDAR se realizará con una FPGA-SOC con Linux embebido [5].

[1] J. Liu, Q. Sun, Z. Fan, and Y. Jia, "TOF Lidar Development in Autonomous Vehicle," 2018 IEEE 3rd Optoelectronics Global Conference (OGC), 2018.

[2] "Radial T1 3/4, SPL PL90," Radial T1 3/4, SPL PL90 | OSRAM Opto Semiconductors.

[3] "Nanosecond Laser Driver Reference Design for LiDAR TIDA-01573" TIDA-01573 Nanosecond Laser Driver Reference Design for LiDAR | TI.com. [Online]. Available: <https://www.ti.com/tool/TIDA-01573>.

[4] Donato C., Urbano Pintos N., Santarossa M., Lavorato M., Lacomi H. "Plataforma motorizada altazimutal multipropósito" RAFA 2019. 2019.

[5] Lacomi, H. A., Fiore, T. A. Di, Larosa, F., Urbano Pintos, N. An FPGA-based reconfigurable data acquisition system for LIDAR signal detection, International Journal of Embedded Systems Vol.14 No.6, 2021.

**IT-46** **SERVICIO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO DEL CENTRO ATÓMICO BARILOCHE: AL SERVICIO DE LA CIENCIA, INDUSTRIA Y TECNOLOGIA**

Troyón P<sup>1</sup>, Corte M<sup>2</sup>, Tureo F<sup>3</sup>, Esquivel M<sup>2 4 5</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> INN-CONICET

<sup>4</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>5</sup> Centro Regional Universitario Bariloche - Universidad Nacional del Comahue

El Servicio de Microscopía Electrónica de Barrido del Centro Atómico Bariloche desarrolla sus actividades como tal desde el año 1989. Actualmente, el Servicio forma parte del Departamento de Caracterización de Materiales (GIA-GAATEN) y del INN (Instituto de Nanociencia y Nanotecnología). El Servicio administra dos Microscopios Electrónicos de Barrido. Un Microscopio de emisión termiónica (W) FEI- INSPECT S50 con una resolución nominal de 6 nm. El microscopio tiene modos de operación de alto y bajo vacío con detectores ETD, vCD y EDS. El otro microscopio es de emisión de campo (Cristal de W) denominado FEI-NOVA NANOSEM 230 con una resolución nominal de 1,6 nm. El microscopio tiene modos de operación de alto y bajo vacío con detectores ETD, TLD, vCD, STEM, EBSD, GAD y EDS. En este trabajo, vamos a mostrar como el uso combinado de las diferentes técnicas asociadas a microscopía electrónica de barrido, nos permiten asesorar a Investigadores, Docentes, Estudiantes e Integrantes de distintos ámbitos pertenecientes a Instituciones Públicas y Empresas Privadas en los campos de las Ciencias de los Materiales, Ciencias de la Vida y Ciencias Forenses. En particular, mostraremos cómo el uso combinado de las técnicas de microscopía y el análisis y simulación de datos nos permiten resolver problemas asociados a la Ciencia, a la Industria y a la Tecnología. En un primer ejemplo mostraremos cómo la reflectividad selectiva de los elementos más electromásicos que C permiten detectar partículas en impurezas en una matriz carbonosa. Esta propiedad, asociada a la interacción elástica del haz de electrones con el material, puede ser simulada utilizando el método de Monte Carlo a través del Software Casino (®). Como resultado de la misma, es plausible obtener, seleccionando el voltaje e intensidad de corriente adecuados, la identificación positiva de partículas impurificantes en una matriz de filtro carbonoso. Esta identificación ocurre simultáneamente con el uso de dos modos de imagen, con determinación de características topográficas y de contraste composicional. El análisis se completa con la identificación cualitativa composicional de los elementos constituyentes de la impureza por EDS. En este trabajo, también mostraremos el uso de los distintos detectores y modos de operación para caracterizar superficies de cortes de tamaño nanométrico obtenidos a partir de muestras de ciencias de la vida donde se caracteriza la composición elemental de las distintas etapas de fijado y tratamiento de contraste químico. Asimismo, se mostrará la necesidad de conocer y poder discriminar la información obtenida por distintos métodos de obtención de imagen para discriminar la información obtenida en mues-

tras paleontológicas. Asimismo, se mostrarán simulaciones de crecimientos cristalinos que permitirán caracterizar por medio del software de simulación Winmorph <sup>®</sup> el crecimiento de distintas partículas correspondientes a óxidos substituidos de Ce y Ni. Estos resultados estarán acompañados de mapeos composicionales y obtención de imágenes en distintos modos para acompañar la presentación de los resultados. Este conjunto de discusiones de imágenes, simulaciones y análisis será usado para mostrar como el Servicio de Microscopía del Centro Atómico Bariloche asesora a la Ciencia, a la Industria y a la Tecnología.

## IT-47 Shearografía Digital como Ensayo No Destructivo para evaluar paneles tipo Honey Comb

Escoda Avila M A<sup>1</sup>, Sosa H E<sup>1</sup>, Romero R<sup>1</sup>, Ruiz Gale M F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Óptica y Láser, División IAMEND, Departamento ENDE, Gerencia DEyGDV, CAC, CNEA

La Shearografía Digital (DS) es un método interferométrico que permite observar el campo gradiente de pequeños desplazamientos. Para ello se ilumina a la superficie a analizar con una fuente de iluminación monocromática, de longitud de onda ( $\lambda$ ). Si la superficie es ópticamente rugosa se genera sobre ella un patrón de interferencia aleatoria llamado *Speckle*. Se observa a la superficie a través de un interferómetro de Michelson en el cual se introduce una diferencia de camino óptico sobre unos de los brazos, rotando levemente (*tilt*) uno de los espejos, generando así lo que se conoce como doble imagen o *shear*. El dispositivo utilizado para registrar la doble imagen con el speckle es una cámara tipo CMOS. En el presente trabajo se ilumina a la superficie con ángulos cercanos a la normal y se observa perpendicularmente. Esto hace que la técnica sea sensible a los desplazamientos fuera de plano (*out of plane*). Se utilizan tres variaciones del dispositivo experimental dentro de lo que se ha denominado *Spacial Phase Shifting* (SPS-DS), y se aplica el método de Takeda para aislar la frecuencia portadora ( $f_0$ ) [1-2]. Las tres configuraciones ópticas analizadas fueron: a) la clásica con el interferómetro base de Michelson, b), la propuesta por Kauffman [3] en el cual se introduce un desplazamiento de la fuente de iluminación y c) la propuesta por Pedrini y Xie [1-2] con un sistema  $4f$  adosado al interferómetro de Michelson. En el presente trabajo se realizan mediciones sobre muestras de honey comb (HC) que tienen diversos defectos conocidos. Se analizan las ventajas y desventajas de las 3 configuraciones abordadas para su implementación como ensayo no destructivo (END) en la detección de defectos.

Por último, en base a los requerimientos de la norma ASTM E2581 [4], se realizan conclusiones referentes a la detección de defectos, y futuros caminos para mejorar la técnica misma.

- [1] X. Xie, L. Yang, N. Xu, and X. Chen, Michelson interferometer based spatial phase shift shearography, *Appl. Opt.*, vol. 52, no. 17, Jun. 2013.
- [2] Pedrini, G., Zou, Y. L., Tiziani, H. J. (1996). Quantitative evaluation of digital shearing interferogram using the spatial carrier method. *Pure and Applied Optics (Print Edition)* (United Kingdom).
- [3] A. Dávila, G. H. Kaufmann, and C. Pérez-López, *Transient deformation analysis by a carrier method of pulsed electronic speckle-shearing pattern interferometry*, 1998.
- [4] ASTM E2581-07 (2007) Standard practice for Shearography of polymer matrix composites and sandwich Core materials in aerospace applications. ASTM Int, West Conshohocken

## IT-48 Simulando datos de un radar marítimo en la costa argentina

Tallis M<sup>1</sup>, Areta J<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Falco Processing S.A.S.*

<sup>2</sup> *Universidad Nacional de Rio Negro*

Los radares marítimos se utilizan para estudiar de forma remota las olas y la corriente superficial de los mares. Estos radares suelen estar ubicados en la costa y operan en la banda de alta frecuencia (3 - 30 MHz) [1]. En comparación con otras herramientas empleadas para estudiar estos fenómenos, tales como boyas estacionarias o imágenes satelitales, los radares marítimos permiten abarcar un área de mayor extensión (200 km), con mejor resolución espacial (1 m) y temporal (1 hr). Entre las aplicaciones más destacadas de esta tecnología se encuentran el rescate de barcos, la optimización del tráfico marítimo, la predicción de tormentas y la mitigación de daños por derrames petroleros, entre otros [2]. Existen en la industria varios modelos de radares marítimos, mayormente ubicados en el hemisferio norte [3-4]. Falco Processing, en conjunto con la Universidad de Rio Negro, está trabajando para implementar un demo de bajo costo en la costa Argentina. Actualmente estamos en la primera etapa, que consiste en estudiar la teoría de estos radares y las condiciones en la que van a operar.

En este trabajo describimos la simulación de un radar marítimo en aguas profundas y discutimos sobre los efectos del mar en la señal medida [5-6]. En la simulación, los datos del mar entran en forma de series temporales de alturas de olas. Primero los generamos con un modelo empírico que describe la distribución de tamaños de olas para distintas magnitudes de viento, conocido como el espectro de Pierson-Moskowitz [7]. Luego probamos incorporar en la simulación mediciones de boya que son de acceso público. Verificamos la simulación con datos de radar que están situados en el mismo sitio que la boya. Finalmente, presentamos los resultados de esta simulación con boyas ubicadas en la costa argentina.

- [1] Huang et al. (2021)

- [2] Paduan et al. (2013)
- [3] Barrick et al. (1977)
- [4] Gürgel et al. (1999 b)
- [5] Barrick et al. (1971 a,b)
- [6] Hasselman et al. (1971)
- [7] Stewart, R.H. (2008)

## IT-49 Síntesis y caracterización de películas de ZnO:Al depositadas por Spin coating

Carrero A<sup>1 2</sup>, Rodríguez D F<sup>3 2</sup>, Barrera M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Energía Solar, Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Constituyentes, CONICET

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)

<sup>3</sup> Departamento de Micro y Nanotecnología - Centro Atómico Constituyentes - Comisión Nacional de Energía Atómica

Los electrodos metálicos tradicionales se basan en materiales opacos que reducen la cantidad de energía absorbida por el área frontal de la celda solar y como consecuencia disminuye la eficiencia del dispositivo fotovoltaico [1, 2]. Por otro lado, los óxidos conductores transparentes (TCO) cubren toda el área frontal del dispositivo y permiten una mayor absorción de la radiación solar. Algunos óxidos conductores como el ITO, ZnO: Al y el FTO se han utilizado para mejorar la eficiencia de las celdas solares [3]. El ZnO: Al; presenta la ventaja de ser altamente transparente, de bajo costo, térmicamente estable y no es tóxico [4].

En este trabajo se presenta la síntesis por el método sol gel de películas de ZnO dopadas con 2coating. Se presentarán los resultados preliminares sobre la caracterización estructural, óptica y medidas de resistividad en las muestras. Se continuará trabajando con distintos dopajes con el objetivo de obtener la optimización óptica y eléctrica de los contactos. En el futuro se estudiará su efecto en el funcionamiento de celdas basadas en silicio y semiconductores III-V.

- [1] Y. Chun- Tseng, L. Choon-Kok, L. Ching-Ting. "Performance enhancement of III?V compound multijunction solar cell incorporating transparent electrode and surface treatment". Progress in Photovoltaics Research and Applications 19, 436 (2011)
- [2] I. Rey-Stolle, Y. Lee, I. García, L. Cifuentes, K. Man- Yu, C. Algora, W. Walukiewicz., "On the Use of Transparent Conductive Oxides in High Concentrator III-V Multijunction Solar Cells". 2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC) (2017) 1204
- [3] M. Grundmann, Transparent Conductive Oxide Semiconductors. In: The Physics of Semiconductors. Graduate Texts in Physics. Springer, Cham. (2016)

[4] Y. Wang, X. Mingze, L. Jinhua, M. Jiangang, W. Xiaohua, W. Zhipeng, C. Xueying, F. Xuan, J. Fangjun. *Surface and Coatings Technology* 330 (2017) 255

## IT-50 Sistema de jeringa rotante para electroestirado con micropartículas

Trupp F<sup>1</sup>, Cibils R<sup>2</sup>, Goyanes S<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, Dep. de Física. IFIBA-CONICET. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.*

<sup>2</sup> *INVAP S.E., RMS-IC, División de proyectos nucleares, Bariloche, Argentina*

La técnica de electroestirado (*electrospinning*) permite crear mallados de micro y nanofibras a partir de soluciones poliméricas. La posibilidad de incorporar cargas a la solución otorga a la técnica una vasta variedad de aplicaciones posibles. En particular, el agregado de micropartículas (MPs) permite crear estructuras compuestas y jerárquicas, cuya función dependerá del material y forma de las MPs. Sin embargo, las suspensiones son inestables y la presencia de las MPs genera cambios reológicos que pueden afectar el proceso. En particular, el aumento en la viscosidad, y la decantación y aglomeración de partículas pueden generar obturaciones en la aguja que interrumpen el flujo de solución.

La velocidad de Stokes es la que toma una partícula esférica en un medio viscoso cuando solo es afectada por la fuerza gravitatoria y la viscosidad del fluido. Sin embargo, cuando el sistema tiene muchas partículas, la dinámica del sistema se vuelve caótica. Existen ecuaciones empíricas sobre la sedimentación de una suspensión que muestran que la velocidad media de las partículas disminuye con la concentración y, por lo tanto, a más partículas, más tiempo tardan en decantar. Por otro lado, un sistema análogo en un cilindro con rotación horizontal presenta distintos regímenes dependiendo del número de Reynolds y de sus parámetros; en particular, para viscosidades altas ( $Re \ll 1$ ), existe un régimen en el cual el sistema se mueve como un cuerpo rígido, manteniendo a las partículas aproximadamente estables en la solución a pesar de la gravedad, lo que evita la sedimentación.

En este trabajo, se presenta el diseño y funcionamiento de un dispositivo para colocar in-situ en la cámara de *electrospinning* que permite rotar la jeringa de forma continua y controlada durante el electroestirado. Se prepararon soluciones de polivinilideno fluorado (PVDF) 18 wt. % en dimetilacetamida (DMAC) y acetona (2.0 w/w relación entre solventes) y se le adicionaron un 20 % (w/w PVDF) de MPs de indio de  $(41 \pm 6) \mu\text{m}$ . Se midió la estabilidad de la solución mediante un dispositivo que emula parcialmente a un turbiscan, obteniendo la transmitancia de la luz de un LASER a través de la jeringa llena de la solución con MPs, con y sin rotación, durante 24 hs. La suspensión sin rotación decantó completamente al cabo de 10 hs, mientras que la rotante se mantuvo estable durante toda la medición. Para verificar la utilidad del

dispositivo, se electroestiró por 6 hs corridas con y sin el sistema rotante, obteniendo mallados de PVDF con MPs de indio. Análisis mediante microscopía óptica mostró que el mallado realizado con la jeringa rotante tiene un 140 % más densidad de MPs en el plano. Además, la aguja resultó menos obturada durante el proceso.

El dispositivo aquí mostrado, no hallado en la literatura ni en equipos comerciales, permite electroestirar soluciones de micropartículas de decenas de micrones mateniendo la estabilidad de la solución en el proceso y reduciendo la probabilidad de obturación de la aguja, aumentando así la eficiencia del proceso, así como la densidad de MPs en el mallado.

## IT-51 Sistema estabilizador de imagen. Aplicación del Filtro de Kalman en 2 ejes implementado mediante un DSP de doble núcleo

Burs T<sup>1</sup>, Vecchio R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Pontificia Universidad Católica Argentina*

En el presente trabajo se desarrolla el hardware y el software necesario para la implementación a bajo costo de un prototipo conocido como Gimbal de dos ejes . Se trata de una plataforma auto estabilizada para fotografía y video. Se utilizará un regulador LQR para controlar el sistema MIMO. Se comenzó modelando la planta, calculando el compensador y realizando las simulaciones pertinentes en MatLab y Simulink, graficando las correspondientes curvas de control. Posteriormente se programó el control y el observador en el DSC de doble núcleo dsPIC33CH512MP508 de Microchip. También se implementó el filtro de Kalman para la fusión de datos provistos por un giróscopo y un acelerómetro de 3 ejes. El módulo de sensado utilizado fue el MPU6050. A su vez, se comparó el desempeño del Gimbal al utilizar el filtro de Kalman versus el desempeño al utilizar el filtro complementario. Se obtuvieron interesantes conclusiones.

## IT-52 Solución de poros simulada de mortero carbonatado

Carricondo J I<sup>1 2 3</sup>, Duffó G S<sup>1 4 5 2 3</sup>, Farina S B<sup>3 2 5</sup>

<sup>1</sup> *Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>2</sup> *Instituto Sabato - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>3</sup> *Departamento Corrosión, Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>4</sup> *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

<sup>5</sup> *Escuela de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de San Martín*

La utilización de soluciones que simulen la matriz de poros interna del hormigón armado resulta de interés para simplificar el estudio experimental de la corrosión de las barras de refuerzo. Mediante Soluciones de Poros Simuladas (SPS) se puede estudiar el comportamiento de diferentes metales propuestos para barras de refuerzo (acero al carbono, acero galvanizado, acero inoxidable, etc.), la acción de inhibidores de corrosión, la efectividad de recubrimientos superficiales, etc., en presencia de diferentes agentes agresivos [1]. Para ello la SPS debe recrear de la mejor manera posible las características de la solución de poros real presente en estructuras de hormigón armado. Diversos trabajos han utilizado SPS para estudiar el comportamiento de barras de acero al carbono en presencia de carbonatación y cloruros, dos de las causas convencionales que provocan la degradación de la armadura por corrosión (generalizada y localizada, respectivamente). En particular, existen trabajos sobre SPS que simulan el comportamiento del hormigón carbonatado, centrándose tanto en el pH de la solución como en la concentración de los agentes agresivos [2,3]. Sin embargo, la experiencia en el laboratorio muestra que ninguna SPS permite simular para una barra de acero lo que ocurre, desde el punto de vista de la corrosión, sobre las armaduras embebidas en una estructura real carbonatada. Para hormigones sanos y contaminados con cloruros se probó una SPS obtenida de la literatura (sin y con cloruro), se hicieron ensayos electroquímicos en dicha solución y se compararon con los mismos ensayos en mortero (con y sin cloruro) no encontrándose correspondencia [4]. Debido a esta inconsistencia es que ahora nos preguntamos si pasará algo similar con hormigones carbonatados. En el presente trabajo se compararán, mediante ensayos electroquímicos, el comportamiento de barras de acero al carbono en diversas SPS con el comportamiento de las mismas en probetas de mortero carbonatado. El desarrollo de estas soluciones (y la comprobación de su validez) permitirá, a través de ensayos de corta duración en el laboratorio, estimar las velocidades de corrosión de armaduras en estructuras reales.

Referencias [1] Moreno, M., Morris, W., Alvarez, M. G., Duffó, G. S. (2004). Corrosion of reinforcing steel in simulated concrete pore solutions. *Corrosion Science*, 46(11), 2681?2699. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2004.03.013> [2] Alonso, M. C., Andrade, M. C. (1989). The electrochemical behaviour of steel reinforcements in Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and NaHCO<sub>3</sub> solutions in relation to stress corrosion cracking. *Corrosion Science*, 29(9), 1129?1139. [3] BERTOLINI, L., BOLZONI, F., PASTORE, T., PEDEFERRI, P. (1996). Behaviour of stainless steel in simulated concrete pore solution. *British Corrosion Journal*, 31(3), 218?222. [4] Duffó, G. S., Farina, S. B. (2016). Electrochemical behaviour of steel in mortar and in simulated pore solutions: Analogies and differences. *Cement and Concrete Research*, 88, 211?216. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.0>

IT-53

## Supresión de clutter en radares de búsqueda usando técnicas de aprendizaje automático

Verea J M E<sup>1</sup>, Mancini A<sup>2</sup>, Lugo J O<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Independiente*

<sup>3</sup> *INVAP S.E. Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado*

Los radares de búsqueda escanean un volumen de cobertura con el objetivo de detectar blancos (aviones, barcos, etc.). Para esto, aplican la teoría básica de detección (test de hipótesis), donde analizan la señal recibida y determinan la presencia de blancos a partir de la comparación con un valor umbral. La señal recibida se compone de reflejos de la señal transmitida y ruido térmico.

Se denomina clutter a toda detección que no sea causada por ruido térmico o por la presencia de un blanco. Normalmente estas detecciones provienen de fenómenos meteorológicos y/o el terreno/geografía circundante (montañas, espejos de agua dulce/salada).

El proceso de detección se realiza con un umbral calculado a partir de un algoritmo de falsa alarma constante (CFAR). Este cálculo supone que la señal presenta ruido blanco y gaussiano. Sin embargo, el clutter se comporta como un proceso aleatorio no estacionario y no uniforme, lo que en ciertas situaciones puede provocar un número elevado de falsas alarmas.

Generalmente los métodos propuestos para abordar el problema se aplican sobre el dominio de la señal recibida aplicando técnicas de procesamiento de señales. Éste trabajo se enfoca en suprimir el clutter en el dominio de los datos, con detecciones consolidadas por el proceso de detección radar, detectando trayectorias de blancos utilizando métodos de aprendizaje automático.

[1] Mark A. Richards, *Fundamentals of radar signal processing*, 2ed

[2] Samuel M. Sherman y David K. Barton, *Monopulse principles and techniques*, 2ed

[3] J. VanderPlas, *Python data science handbook*

[4] Zhang et al, *A Clutter Supression Method based on SOM-SMOTE Random Forest*

## IT-54 **Técnicas de control adaptativo en dispositivo actuado con aleaciones de NiTi**

Delmastro J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

Los Materiales con Memoria de Forma (MMF) son aleaciones que presentan transformaciones de fase del tipo sólido-sólido no difusiva. Éstas pueden ser inducidas tanto por cambios de temperatura como por cambios en el estado de tensiones mecánicas del material. De esta forma, los MMF tienen la posibilidad de sufrir grandes deformaciones y, luego de un aumento en su temperatura, recuperar su forma inicial [1]. Este

fenómeno permite el desarrollo de dispositivos actuados con MMF, ya sean pasivos, dónde el estado termomecánico del material se deja libre a condiciones externas; o activos, donde se busca controlar el estado del material para obtener la respuesta deseada [2].

La aplicación de MMF como elemento actuador en dispositivos activos, fuera del campo médico, es una tarea que lleva años de investigación, aunque con avances lentos y pocos resultados exitosos. Esto se debe en gran parte a dificultades en la controlabilidad de los MMF, proveniente principalmente del modo de actuación (entregando y removiendo calor) y la respuesta termomecánica no lineal del material [3,4].

En este trabajo se presenta una nueva propuesta de estrategia de control para dispositivos actuados con MMF de manera activa en configuración antagonista, basada en modelos fenomenológicos macroscópicos y técnicas de control adaptativo. Se muestran resultados obtenidos en una platina de prueba bajo diferentes condiciones de trabajo.

[1] Duerig, T. W., Melton, K. N., Stöckel, D. (1990). Engineering aspects of shape memory alloys. Butterworth-Heinemann.

[2] Van Humbeeck, J. (1999). Non-medical applications of shape memory alloys. Materials Science and Engineering: A, 273, 134-148.

[3] Elahinia, M. H. (2016). Shape memory alloy actuators: design, fabrication, and experimental evaluation. John Wiley Sons, 125-153.

[4] Yuan, H., Fauroux, J. C., Chapelle, F., Balandraud, X. (2017). A review of rotary actuators based on shape memory alloys. Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 28(14), 1863-1885.

## IT-55 TRANSFORMACIONES ISOTÉRMICAS AUSTENITA - FERRITA EN UN ACERO SA 508 GRADO 3 CLASE 1

Iofrida M J<sup>1</sup>, Danon A<sup>1</sup>, Luppo M I<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

La fabricación de componentes estructurales metálicos, como los recipientes a presión de reactores nucleares (RPR), presenta el desafío de lograr propiedades homogéneas a través de grandes espesores. Pequeñas variaciones en la composición química, la microestructura de partida o los parámetros de tratamiento térmico se reflejan en el comportamiento en transformación y la consiguiente evolución microestructural, por lo que resulta indispensable estudiar las particularidades de cada material y proceso de fabricación. El SA 508 Grado 3 Clase 1 es un acero estructural de baja aleación utilizado para RPR con un proceso de fabricación y composición química dados según el código ASME [1].

En el presente trabajo se realizaron ensayos de dilatometría con el objeto de estudiar la transformación isotérmica (TI) del acero SA 508 Gr.3 Cl.1 a distintas temperaturas, con las siguientes características: (i) calentamiento a 10 °C/s desde temperatura ambiente hasta 920 °C, (ii) mantenimiento durante 10 minutos, (iii) enfriamiento a velocidad de 100 °C/s hasta la temperatura de transformación, (iv) mantenimiento por 10.000 segundos a al menos 4 temperaturas: 420, 485, 550 y 700 °C y, por último, (v) enfriamiento hasta temperatura ambiente a una velocidad de 40 °C/s. Los ensayos se realizaron utilizando un dilatómetro Bähr DIL-805/A en muestras cilíndricas huecas de 10 mm de largo, 4 mm de diámetro externo y 3 mm de diámetro interno. Luego de los ensayos, se llevó a cabo un análisis de la microestructura en el plano medio longitudinal de cada probeta empleando un microscopio electrónico de barrido (SEM). Las observaciones se realizaron utilizando la señal de electrones secundarios (SE) y por contraste por canalización de electrones (ECCI).

1. ASME, "Boiler and Pressure Vessel Code", 2010. Sec. 2, Part. A, Gr. 2, p. 897-906.

## IT-56 TRATAMIENTOS DE RADIACIÓN POR PLASMA SOBRE TEJIDOS DE POLIÉSTER

Szlafsztein F<sup>1</sup>, Luengo J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Inti, - Centro de Investigaciones Textiles, Av. Gral Paz 5445, San Martín, Buenos Aires, Argentina.

Los tratamientos convencionales de sustratos textiles necesarios para la producción de telas requieren grandes cantidades de agua, energía, insumos y tienen tiempos de procesamiento largos. Los tratamientos con plasma han mostrado ser una opción útil y apropiada para modificar las propiedades de superficie de textiles a bajo costo [1-2]. Existen varios tipos de tratamientos con plasma. La utilización de distintos gases y de distintas condiciones de plasma puede darle al textil distintas propiedades. En este estudio se utilizó plasma de aire a baja temperatura y baja presión. En este caso, los electrones y radicales libres generados en la cámara de baja presión interactúan con la superficie de las telas modificándola. Se encontraron cambios en los grupos funcionales en la superficie de los tejidos y una reducción de la materia grasa de las muestras. Con respecto a los cambios en los procesos textiles, se pudo encontrar un fuerte cambio en la mojabilidad de las muestras luego de poco tiempo de exposición al plasma y baja potencia. Este aumento en la mojabilidad es proporcional al tiempo de exposición y a la potencia aplicada. También se vió un amarillamiento no significativo en las telas luego de la radiación con plasma. No se evidenciaron cambios en el color de las muestras teñidas con ambos pre-tratamientos. Por lo cual, se concluye que el tratamiento con plasma es una buena alternativa para el proceso de descrude

convencional.

[1] S Klébert et al., ScienceDirect, 22, 2021

[2] FS Denes and S Manolache, ScienceDirect, 29, 2004, 815-885

## IT-57 Utilización de las Api Key de OpenWeather mediante la placa NodeMcu

Vecchio R<sup>1</sup>, Lazcano Colodrero D A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática, Universidad de Belgrano*

En el presente trabajo se describe el hardware, el software y la conectividad necesaria para lograr utilizar las APIs de la Web Openweather -<https://openweathermap.org/>- de manera de obtener pronósticos y alertas meteorológicas minuto a minuto mediante el hardware NodeMcu WIFI ESP8266 en cualquier ubicación geográfica del mundo. Se describe también la alimentación requerida y el soporte necesario para mantener el servicio independientemente de cortes eléctricos inesperados. Se recomienda un método de conexión para que, aun habiéndose perdido la alimentación de reserva, el hardware y el software se recuperen y además se reconecten automáticamente. De este manera la unidad se recuperará de forma autónoma ante cortes catastróficos sin intervención humana.

# MATERIA BLANDA

## Charlas

Martes 27 de septiembre

14:00-14:20

Aulas Nuevas 4

### Física de la complejidad en un vaso de Cerveza

Ritacco H<sup>1</sup> <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física del Sur (IFISUR-CONICET), Bahía Blanca (8000), Argentina*

<sup>2</sup> *Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (8000), Argentina.*

Fractales, caos, cooperatividad, avalanchas, leyes de potencia, criticalidad, auto-organización, son todos términos y conceptos de la Física de la Complejidad que pueden encontrarse al estudiar la dinámica en espumas líquidas. Las espumas líquidas son sistemas metaestables que evolucionan en el tiempo siguiendo dinámicas no lineales. En particular, no hay una clara correlación entre la estabilidad de los films líquidos individuales que las forman, cuando se los estudia de forma aislada, con la estabilidad de las espumas formadas por miles de esos mismos films. La dinámica de las espumas líquidas macroscópicas está frecuentemente gobernada por fenómenos cooperativos, en cascada. Las densidades de probabilidad, tanto del tamaño como de la duración de estas avalanchas, suelen estar bien descriptas por leyes de potencia, tal y como ocurre en los sistemas que exhiben dinámicas SOC (Self-Organized Criticality). Sin embargo, no todas las dinámicas en espumas siguen leyes de escala, algunas parecen exhibir una transición de leyes de potencia a exponenciales (no-SOC) al variar ciertas características microscópicas de los films que las forman. En este trabajo, luego de una introducción a la física y la dinámica en espumas, mostraré resultados experimentales que parecen apoyar la idea de que ciertas espumas se organizan en un estado crítico. Esta posibilidad se discutirá en el marco conceptual actual de la criticalidad auto-organizada.

**Contacto:** Hernan Ritacco, [hernan.ritacco@uns.edu.ar](mailto:hernan.ritacco@uns.edu.ar) **Codigo Identificador:** 8550

14:20-14:40

Aulas Nuevas 4

## Descarga forzada de un silo: estudio experimental

Ferreya M V<sup>1</sup>, Pugnaroni L A<sup>2</sup>, Maza D<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa*

<sup>2</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, CONICET*

<sup>3</sup> *Departamento de Física y Matemática Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra, Pamplona, España*

La descarga de material granular a través de un orificio es un fenómeno complejo pero bien conocido: el flujo másico, que es independiente de la altura del material remanente en el contenedor, ha sido estudiado en profundidad [1, 2]. Con el objetivo de obtener un mejor entendimiento del fenómeno, estudiamos experimentalmente descargas libres y forzadas de silos verticales. Las descargas forzadas se realizan aplicando una presión constante en la parte superior de la columna granular. Medimos, mediante un arreglo de sensores de presión, el perfil del estrés en el fondo del silo, enfocándonos en su distribución radial y en su correlación con la altura del material granular remanente. Variando la presión aplicada y el tamaño del silo, confirmamos resultados recientes [3] que muestran que en descargas forzadas el flujo de masa se incrementa en la etapa final de la descarga, y que la presión en el fondo tiene un perfil radial no uniforme [4]. Mostramos que la presión en función de la altura de la columna granular, durante la descarga, puede ser reescalada de modo que los datos recolectados para diferentes tamaños de silo y presiones colapsa en una única curva, como ya ha sido descrito en el trabajo de Walters [5]. Encontramos además que los perfiles de presión para diferentes diámetros de silo colapsan sin necesidad de hacer un escaleo de tamaño.

[1] W. Beverloo, H. Leniger, and J. van de Velde, *Chem. Eng. Sci.* 15, 260 (1961).

[2] C. Mankoc, A. Janda, R. Arévalo, J. Pastor, I. Zuriguel, A. Garcimartín, and D. Maza, *Granul. Matter* 9, 407 (2007).

[3] M. A. Madrid, J. R. Darias, and L. A. Pugnaroni, *Europhys. Lett.* 123, 14004 (2018).

[4] C. Perge, M. A. Aguirre, P. A. Gago, L. A. Pugnaroni, D. Le Tourneau, and J.-C. Géminard, *Phys. Rev. E* 85, 021303 (2012).

[5] J. K. Walters, *Chem. Eng. Sci.* 28, 13 (1973).

**Contacto:** Maria Victoria Ferreyra, ferreyravic@gmail.com **Código Identificador:** 8905

## Relajación intrínseca en vidrios y materiales amorfos a través de eventos activados e interacciones elásticas

Rodriguez-Lopez G<sup>1</sup>, Martens K<sup>2</sup>, Ferrero E E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA-CONICET, Centro Atómico Bariloche

<sup>2</sup> Université Grenoble Alpes, LIPHY, F3800 and CNRS, Grenoble, France

Al obtenerse un sólido mediante el enfriamiento rápido de un líquido al cuál no se le permite cristalizar, el resultado es un material altamente heterogéneo: un vidrio o 'sólido amorfo'. Desde el punto de vista de la relajación mecánica, hay regiones del material que se congelan en estados de alto estrés local y otras ya más 'relajadas'. Según el caso, el material puede seguir mostrando una dinámica interna medible en un tiempo razonable. En dicha relajación subsecuente de la estructura microscópica de los vidrios intervienen un amplio rango de escalas de tiempo, energía y longitud, procesos de envejecimiento y dependencias con la preparación de la muestra. La complejidad de la relajación se suele cuantificar por la forma en la que el llamado 'factor de estructura dinámico' (o la función intermedia de scattering) se desvía de una relajación exponencial. En muchos casos, se observan exponenciales estiradas ('stretched'), resultado de una distribución ancha de tiempos de relajación debido a la heterogeneidad del material. Sin embargo, la situación contraria de relajación 'compressed' (funcionalmente más rápida que la exponencial) también se observa experimentalmente en diversos materiales, tales como vidrios metálicos [1,2,3] o geles coloidales [4,5]. Dichas exponenciales comprimidas se han asociado recientemente a un paradigma de relajación mediada por redistribución de estreses en el material.

Estudiamos este comportamiento con un modelo simplificado de sólido amorfo, bajo la hipótesis de que las exponenciales comprimidas son el resultado de relajación interna debida a eventos plásticos similares a las 'transformaciones de cizalla' de amorfos bajo deformación -aunque, en este caso, activados térmicamente-, y a la respuesta elástica de largo alcance que éstos inducen.

Utilizamos un modelo elasto-plástico tridimensional [6] al cual se le acoplan a partículas de prueba [7]. éstas partículas siguen el campo de desplazamiento vectorial asociado a la actividad plástica del material y por medio de ellas calculamos observables tales como el desplazamiento cuadrático medio, el factor de estructura dinámico y la distribución desplazamientos. Para tiempos suficientemente cortos, se observa un régimen balístico, luego del cual las partículas de prueba adoptan un comportamiento difusivo. Este crossover entre regímenes dinámicos es controlado por la duración típica de los eventos plásticos. El factor de estructura muestra una relajación de tipo exponencial comprimida (con exponente  $3/2$ , reminiscente de los resultados experimentales) a tiempos cortos (régimen balístico). A tiempos largos, en cambio, la relajación es exponencial. La distribución de desplazamientos decae de la forma

$\sim u^{-5/2}$  para valores grandes de  $u$  y actividades plásticas suficientemente pequeñas, lo cual mostramos que deriva de la forma del kernel de interacción elástica. La presencia de temperatura finita por un lado permite la activación de eventos plásticos, pero a su vez también genera agitación térmica que compite con el movimiento balístico generado por eventos plásticos aislados. Discutimos esta competencia o coexistencia entre agitación browniana y mecánica contrastando con recientes resultados experimentales.

Referencias:

- [1] Ruta, B., et al, PRL (2012) 109(16), 165701.
- [2] Ruta B et al, J. Chem. Phys (2013) 138(5), 054508.
- [3] Amini N et a, Phys. Rev. Mater (2021) 5(5), 055601.
- [4] Cipelletti L et al, PRL (2000) 84(10) 2275.
- [5] Nigro V et al, Macromolecules (2020) 53(5), 1596-1603.
- [6] Nicolas A et al, RMP (2018) 90(4), 045006.
- [7] Ferrero E. E et al, PRL (2014), 113(24), 248301.

**Contacto:** Gieberth Rodriguez-Lopez, gieberth@gmail.com **Codigo Identificador:** 8908

15:00-15:20

Aulas Nuevas 4

## Propagación de ondas de choque en polímeros semicristalinos

Lance P<sup>1, 2</sup>, Gomez L<sup>1, 2</sup>, Vega D<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física del Sur (IFISUR-CONICET), Bahía Blanca (8000), Argentina

<sup>2</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (8000), Argentina.

En las últimas décadas se ha observado que distintos materiales poliméricos presentan una resistencia al impacto superior a materiales convencionales basados en metales o cerámicos[1-2]. Sumado a esto, los materiales poliméricos presentan baja densidad y transparencia controlable. A pesar de que aún no se determinó fehacientemente los principios microscópicos que conducen a que estos materiales presenten altas resistencias al impacto, se considera que esta propiedad proviene de la combinación de dominios rígidos (vítreos o cristalinos) con regiones blandas (amorfás), que permitirían la disipación y atenuación de ondas de choque[3].

En este trabajo se estudia la disipación de ondas de choque en polímeros semicristalinos a través de simulaciones de dinámica molecular de grano grueso. Los polímeros semicristalinos son obtenidos utilizando un modelo computacional de poly(vinyl alcohol) (PVA), basado en simulaciones atomísticas, que ha sido ampliamente utilizado

[6-7-8]. El modelo define las interacciones de enlace armónicas y de potenciales de ángulo entre bonds vecinos. Este último potencial es definido para cierto porcentaje de la cadena polimérica, con el objetivo de regular en cierta medida el porcentaje de regiones cristalinas. El sistema es comprimido utilizando un pistón, lo que conduce a la formación de un frente de onda en el material que viaja a velocidad constante. Para velocidades de compresión relativamente altas se observa el melting de las regiones cristalinas del sistema, al igual que en las compresiones rápidas de sólidos cristalinos.

[1] B. Arman, A. S. Reddy, y G. Arya, *Macromolecules* 45, 3247 (2012).

[2] J. Lee, J. P. Singer, M. Retsch, G. Saini, T. Pezeril, K. A. Nelson, y E. L. Thomas. *Nat. Commun.* 3, 1164 (2012).

[3] Bringa E. et al, *Science*, 309, 1838(2005).

[4] Zukas J.A. , *High Velocity Impact Dynamics*, Wiley (1990).

[5] Kadua K., Germann T. C., Lomdahl P. S. , Hollian L., *Science*, 296, 1681(2002).

[6] Reith D., Meyer H. and Müller-Plathe F, *Macromolecules* 34(2335-2345) (2001).

[7] Triandafilidi V. et al. , *Journal of Polymer Science*, 54, 22, 2318-2326.

[8] Meyer H. and Müller-Plathe F, *Macromolecules* 35(1241-1252) (2002).

**Contacto:** Pedro Lance, pedro-lance@hotmail.com **Código Identificador:** 8928

15:20-15:40

Aulas Nuevas 4

## Estudio de las estructuras de empaquetamiento en mezclas de polímeros anillos y lineales

Fernández Márquez J C<sup>1</sup>, Gómez L R<sup>1 2</sup>, García N A<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física del Sur (IFISUR-CONICET), Bahía Blanca (8000), Argentina*

<sup>2</sup> *Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (8000), Argentina.*

En general, la respuesta mecánica de diversos medios poliméricos está dominada fundamentalmente por la arquitectura de las moléculas que forman el material [1]. Por ejemplo, en polímeros lineales, la respuesta del material depende básicamente de si se forman o no entrelazamientos entre las moléculas. Los entrelazamientos producen obstáculos temporarios para la difusión lateral de cadenas, induciendo una dinámica de reptación (difusión unidimensional), idea propuesta por De Gennes a fines de los 70 [1]. Como consecuencia de la relajación de cadenas por reptación, el material muestra una respuesta del tipo elástica para altas velocidades de deformación, pero fluye como un líquido viscoso a velocidades de deformación lenta. Interesantemente, en polímeros ramificados uno de los extremos de la cadena está fijo (aproximadamente), con lo que las cadenas no pueden reptar, y el material relaja tensiones por un nuevo mecanismo

conocido como retracción de ramas, el cuál origina un enorme espectro de tiempos de relajación [1-2].

Mientras que el conocimiento sobre polímeros lineales y ramificados ha avanzado, no se ha llegado a un entendimiento comparable en el caso de polímeros anillos. En este caso, el carácter cíclico de estas moléculas hace que las mismas no tengan extremos libres, por lo que los mecanismos bien establecidos de reptación o retracción de ramas no pueden usarse para describir su dinámica de relajación. Las controversias sobre polímeros anillo no sólo se refieren a las propiedades dinámicas de las moléculas, sino también a sus propiedades conformacionales y de equilibrio. Mientras algunos investigadores aseguran que estos polímeros deberían comportarse como esferas muy blandas, con poco interpenetramiento entre moléculas (*threading*) [3-10], otros científicos señalan que los *threadings* son fundamentales y dominan la respuesta mecánica, induciendo una dinámica muy lenta (tipo vítrea) en algunos casos [11-14].

En este sentido, la estructura y dinámica de polímeros tipo anillo forma uno de los temas actuales más interesantes, y controversiales, en Física de Polímeros. Los experimentos son de difícil interpretación debido a la incerteza sobre la pureza y dispersión de las muestras. Con este motivo, en el pasado se ha estudiado a través de dinámica molecular el efecto de los contaminantes lineales en fundidos de polímeros anillos totalmente flexibles (gaussianos) [15]. Notablemente, a concentraciones de polímeros lineales pequeñas ( $\sim 10\%$ ) las propiedades reológicas.

En este trabajo, se llevaron a cabo simulaciones numéricas sobre propiedades de equilibrio de polímeros semiflexibles con forma de anillo. En particular se estudia como el grado de rigidez de las cadenas y los contaminantes lineales, modifican las propiedades conformacionales de las moléculas, así como su interpenetración.

- [1] Rubinstein, R. H. Colby, Polymer Physics (Oxford Univ. Press, Oxford, UK, 2003).
- [2] D. A. Vega et al. Phys. Rev. Lett. 95, 166002 (2005).
- [3] M. Rubinstein, Phys. Rev. Lett. 57, 3023 (1986).
- [4] S. P. Obukhov, M. Rubinstein, T. Duke, Phys. Rev. Lett. 73, 1263 (1994).
- [5] S. T. Milner and J. D. Newhall, Phys. Rev. Lett. 105, 208302 (2010).
- [6] A. Y. Grosberg, Soft Matter 10, 560 (2014).
- [7] M. Kapnistos, et al. Nature Materials 7, 997 (2008).
- [8] T. Vettorel, A. Y Grosberg, K. Kremer, Physical Biology 6, 025013 (2009).
- [9] J. D. Halverson, W. B. Lee, G. S. Grest, A. Y. Grosberg, K. Kremer, J. Chem. Phys. 134, 204904 (2011).
- [10] A. Rosa, R. Everaers, Phys. Rev. Lett. 112, 118302 (2014).
- [11] D. Michieletto et al. ACS Macro Lett. 3, 255 (2014).
- [12] D. Michieletto, M S. Turner, PNAS 113, 5196 (2010).
- [13] D. Marenduzzo, C. Micheletti, E. Orlandini, J. Phys.: Condens. Matter 22, 283102 (2010).
- [14] L. R. Gómez, N. A. García, T. Pöschel. PNAS 117, 3382 (2020).

[15] J. D. Halverson et al. PRL 108 038301(2012).

**Contacto:** Juan Cruz Fernández Márquez, juancruzfm@gmail.com **Código Identificador:** 9171

15:40-16:00

Aulas Nuevas 4

## Adsorción y desorción de polímeros y copolímeros en superficies bio-inspiradas con aplicaciones cosméticas

García N A<sup>1</sup>, Adroher Benítez I<sup>2</sup>, Catalini G<sup>1</sup>, Morozova T I<sup>3</sup>, Barrat J L<sup>2</sup>, Luengo G S<sup>4</sup>, Léonforte F<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Instituto de Física del Sur - Universidad Nacional del Sur*

<sup>2</sup> *Laboratoire Interdisciplinaire de Physique (LIPhy), Groupe de Physique Statistique et Modélisation, France*

<sup>3</sup> *Instituto Laue-Langevin (ILL), Grenoble, Francia*

<sup>4</sup> *L'Oréal Research and Innovation, Aulnay-Sous Bois, France*

Los polímeros son ingredientes clave en la mayoría de los productos cosméticos. Con el fin de conciliar nuestras necesidades diarias con la preservación de un planeta con recursos limitados, desde hace unos años la industria cosmética está haciendo un notable esfuerzo para mejorar la sostenibilidad y el rendimiento de sus nuevas formulaciones. En el caso del cuidado del cabello, el desempeño cosmético está determinado por la forma en que los polímeros se adsorben en la superficie del mismo, la cual está altamente condicionada por las propiedades físico-químicas de su estructura externa. Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de investigación experimental ya realizada en esta dirección todavía se desconocen qué variables físicas juegan un rol determinante en la adsorción de los polímeros así como también de qué depende la estabilidad de estos recubrimientos poliméricos.

En este trabajo, hemos desarrollado métodos computacionales para analizar la dinámica de adsorción de polímeros en superficies bio-inspiradas realistas (modeladas a partir de imágenes experimentales de AFM de cabello humano) y la estabilidad de las capas adsorbidas para diferentes arquitecturas y composiciones de cadenas poliméricas. Primero, el estudio se realizó con el sistema más simple: homopolímeros monodispersos. Con este modelo, abarcamos el comportamiento de las moléculas simples. Luego, se crearon moléculas más complejas utilizando cadenas ramificadas con por ejemplo, 17 unidades por monómero. Estos sistemas más complejo pretenden modelar algunas de las macromoléculas de origen natural que se utilizan actualmente en la industria cosmética.

Con estos modelos se realizaron simulaciones de Dinámica Molecular de solventes implícitos para estudiar las estructuras adsorbidas en función de la longitud de las cadenas, la arquitectura de la molécula y su concentración variando desde regímenes diluidos a semidiluidos. Se analizó la estructura del recubrimiento resultante y se compararon los resultados entre los tres tipos de polímeros. Finalmente, utilizando simulaciones de dinámica browniana se aplicó un flujo de corte lineal sobre las capas adsorbidas para probar la estabilidad del recubrimiento y analizar la dinámica de desorción de las cadenas.

[1] Morozova, T. I.; García, N. A.; Barrat, J.-L.; Luengo, G. S.; Léonforte, F. "Adsorption and desorption of polymers on bio-inspired chemically structured substrates". *ACS Applied Materials & Interfaces* 2021, 13 (25), 30086-30097.

[2] Adroher-Benítez, I.; Catalini, G.; Morozova, T. I.; García, N. A.; Barrat, J.-L.; Luengo, G. S.; Léonforte, F. "Modeling the adsorption of copolymers on heterogeneous surfaces and the stability of polymer coatings for cosmetic applications" (*en progreso*)

**Contacto:** Nicolás Ariel García, nicolas.garcia@uns.edu.ar **Código Identificador:** 9001

**Miércoles 28 de septiembre**

14:00-14:20

Aulas Nuevas 4

**Premio Joven División de Materia Blanda**

14:20-14:40

Aulas Nuevas 4

## **Síntesis verde de nanopartículas de plata y su aplicación en nanocompuestos de almidón para envases activos biodegradables**

Iacovone C<sup>1</sup>, Quintero L<sup>1</sup>, Candal R<sup>2</sup>, Goyanes S<sup>1</sup>, Guz L<sup>2</sup>, Famá L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, Dep. de Física. IFIBA-CONICET. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

<sup>2</sup> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, CONICET, Universidad Nacional de San Martín

Las nanopartículas de plata (NPAg) son de gran relevancia en múltiples y diversos campos debido a sus peculiares propiedades físicas, químicas y biológicas, en particular, las NPAg tienen actividad antimicrobiana ante un gran rango de microorganismos,

como bacterias, fungi o virus. El método más frecuente para sintetizar NPAg es mediante reducción química donde, con el objetivo de evitar aglomeraciones, se utilizan métodos costosos y sustancias tóxicas que pueden dejar lugar a riesgo de toxicidad ambiental. Como alternativa, se han desarrollado síntesis verde de NPAg, que involucran un medio solvente y biopolímeros como agentes reductores y estabilizadores amigables con el medio ambiente, de los cuales almidón y extractos de plantas naturales han sido seleccionados en varias oportunidades [1]. La preparación de NP con biopolímeros provee ventajas debido a que las cadenas macromoleculares poseen un gran número de grupos hidroxilos que pueden formar sustancias complejas con el ion metálico, logrando un buen control del tamaño, forma y dispersión de las nanopartículas, incrementando la biocompatibilidad y biodegradabilidad, y dando lugar a especies que son menos tóxicas [2].

Por otro lado, el desarrollo de nanocompuestos activos resulta una alternativa para el reemplazo de parte de los plásticos derivados del petróleo, que generan grandes inconvenientes ambientales debido a su lenta degradación. Las nuevas tendencias están focalizadas en reemplazar los plásticos convencionales por polímeros biodegradables provenientes de fuentes naturales y renovables, y la nanotecnología se ha vuelto esencial para su desarrollo. El almidón de mandioca, de gran producción en Argentina, ha sido seleccionado en varias ocasiones como componente principal de materiales biodegradables, debido a su capacidad de formar películas termoplásticas de bajo costo y su procedencia de fuentes renovables [3]. El agregado de nanopartículas de plata a películas de almidón ha demostrado mejorar las propiedades de barrera, fuerza mecánica, flexibilidad y estabilidad térmica. Además, el uso de nanopartículas con propiedades antimicrobianas ha mostrado que demora el crecimiento de microorganismos, siendo muy prometedoras para su aplicación en envases en contacto de alimentos [4].

En este trabajo se realizó una síntesis verde de NPAg compatible con almidón y se las empleó para la fabricación de nanocompuestos a base de almidón de mandioca procesadas por extrusión, el proceso tecnológico convencional en la industria del plástico. Para la síntesis de NPAg se utilizó extracto de albahaca como agente reductor y almidón como agente reductor y estabilizante, el mismo que luego se utilizó como base para la formación de las películas. Se estudió la morfología y las propiedades de las NPAg, obteniéndose partículas esféricas de tamaño 100 - 300 nm. Se desarrollaron nanocompuestos con distintas concentraciones de NPAg (1% p/p, 2% p/p y 3% p/p de almidón), donde se obtuvieron películas de color gris-amarronado. Se observó que sintetizar las NPAg con el mismo almidón de la matriz fue altamente efectivo para alcanzar una excelente adhesión entre las fases y una buena dispersión de nanopartículas. La incorporación de NPAg contribuyó como un refuerzo y como agente bactericida, retrasando el crecimiento de bacterias aún en bajas concentraciones. Los resultados de esta investigación demostraron que emplear síntesis verde de extracto de albahaca con el mismo almidón utilizado como matriz para obtener NPAg, es

altamente efectivo para producir nanocompuestos a base de almidón activos y biodegradables con propiedades antimicrobianas y mayor resistencia mecánica, logrando un producto amigable con el medioambiente y potencialmente escalable en la industria.

[1] S Dawadi et al, J. Nanomater. 2021 (2021)

[2] A Cano et al, Food Packag. Shelf Life10 (2016) 16-24

[3] SN Bangar et al, Food Packag. Shelf Life 30 (2021) 100743

[4] RL Ceballos et al, Carbohydr. Polym. 261 (2021) 117871

**Contacto:** Carolina Iacovone, caroiacovone@gmail.com **Código Identificador:** 8697

14:40-15:00

Aulas Nuevas 4

## Dinámica de flujo a través de membranas PVA y PVA conteniendo nanopartículas de óxido de hierro por electrospinning

Santos A<sup>1</sup>, Torasso N<sup>2</sup>, Picón D<sup>1</sup>, Marzocca A<sup>2</sup>, Goyanes S<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, Dep. de Física. IFIBA-CONICET. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

<sup>2</sup> Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos - Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

Las membranas nanoestructuradas de alcohol polivinílico (PVA) conteniendo activos nanoadsorbentes para la remoción de contaminantes han demostrado tener alta eficiencia y potencial comparado con métodos tradicionales [1]. La porosidad de estas membranas biodegradables desarrolladas por la técnica de electrospinning permite usarlas también en micro y ultrafiltración [2]. Sin embargo, estas sufren modificaciones en el tamaño de poro cuando se aplica presión sobre ellas [3]. Por esto, es imprescindible estudiar las modificaciones que sufre la morfología de las membranas con la presión y la dinámica de flujo durante la filtración tanto en membranas de PVA y como de PVA conteniendo nanoadsorbentes de arsénico: nanopartículas de óxido de hierro (PVA+NPs). Con este objetivo, se diseñó un dispositivo que mide el flujo permeado por múltiples membranas en función del tiempo a presión constante, en el rango de 1 a 1000 mbar. Se encontró que el flujo presenta un primer régimen rápido (< 1 hora) con una tendencia decreciente, y un segundo régimen lento convergente hacia un estado estacionario (> 6 horas de filtración) para una presión de 4 mbar, para ambas membranas. Esto se debe a los cambios morfológicos que sufre la membrana durante el filtrado y, en particular, al hinchamiento o *swelling* de las fibras. Se pudo observar que el *swelling* de ambas membranas no difiere significativamente. Se obtuvo que el flujo efectivo inicial permeado por las de PVA+NPs puede superar en

más de un 200 % al de las de PVA. Esto puede ser causado por una diferencia en el tamaño de poro efectivo entre las dos membranas, teniendo las de PVA+NPs una distribución de tamaños de nanofibra menor que la de PVA, generando tamaños de poros mayores. Por otro lado, también se observó una deformación de la membrana al someterla a filtraciones bajo mayor presión (300 mbar), donde la membrana se comprime con el tiempo, generando que aún cuando la membrana llegó a su máximo swelling, el flujo continúa disminuyendo. Estos resultados permitirán disponer de las membranas en configuraciones que permitan optimizar la eficiencia en la remoción de contaminantes en sistemas de filtrado adecuados.

Referencias:

- [1] N. Torasso et al, Enhancing arsenic adsorption via excellent dispersion of iron oxide nanoparticles inside poly(vinyl alcohol) nanofibers, *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9, 1 (2021): 104664.
- [2] J. Cimadoro, S. Goyanes, Reversible swelling as a strategy in the development of smart membranes from electrospun polyvinyl alcohol nanofiber mats, *J. Polym. Sci.* 58 (2020) 737-746.
- [3] L. T. (Simon) Choong, Z. K., G. C. Rutledge. Permeability of electrospun fiber mats under hydraulic flow. *Journal of Membrane Science* 451 (2014), 111-116.

**Contacto:** Ayelen Santos, aye.csantos@gmail.com **Codigo Identificador:** 8680

15:00-15:40

Aulas Nuevas 4

### Charla Invitada

## Sistemas de monocapas, bicapas y multicapas moleculares aplicados al estudio de una biomembrana natural.

Oliveira R G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Químicas - Universidad Nacional de Córdoba*

La mielina es la membrana autoenrollada alrededor del axón de las neuronas. En nuestro laboratorio venimos estudiando dicha membrana de utilizando sistemas de monocapas, bicapas y multicapas moleculares sobre distintas interfaces como así también en suspensión acuosa. En el sistema de capas monomoleculares sobre interfase aire/agua (monocapas de Langmuir y de Gibbs) hemos determinado distintos comportamientos y variables (isotermas de compresión lateral, presiones de equilibrio, electrostática,

etc) y situaciones de coexistencia de fases líquido-líquido hasta puntos de mezcla. Recientemente hemos determinado la criticalidad del proceso de mezcla en la matriz de lípidos mielínicos totales, determinando la variación de la tensión de línea en el borde de los dominios. También determinamos la diferencia de densidad dipolar entre ambas fases. Para ambas variables determinamos la caída de valores hacia el punto de mezcla y sus exponentes críticos, que se aproxima a 1 para la tensión de línea y  $1/8$  para la repulsión dipolar [1]. Esto correspondería al mismo tipo de universalidad que el de Ising 2D. Asimismo, desarrollamos una técnica basada en microscopia de ángulo de Brewster que nos permite medir el grosor de la monocapa. Comparando estas medidas con reflectividad en sincrotrón (grazing incidence X-ray off-specular scattering) podemos decir que el espesor corresponde a la capa como un todo [2]. En sistemas heterogéneos podemos así determinar la diferencia de grosor entre las fases, la que se encuentra en relación a la tensión de línea. En multicapas en suspensión, una condición más similar a la situación natural, podemos detectar las mismas fases y dar cuenta de interacciones entre sucesivas capas por SAXS lo que nos ha llevado a elaborar diagramas de fases [3]. En multicapas depositadas sobre soporte sólido la planaridad permite la separación de los componentes del vector de dispersión de neutrones en el espacio recíproco. Esto brinda mayores posibilidades de análisis. De particular interés se presenta la determinación de propiedades mecánicas como rigidez flexional y compresibilidad entre capas que afectarían la estabilidad del arreglo de membranas, crucial para su normal funcionamiento.

[1] Pusterla et al., BBA - Biomem 1864 (2022) 183874

[2] Pusterla et al., BBA - Biomem 1859 (2017) 924-930

[3] Pusterla et al., Cells 9 (2020): 670

**Contacto:** Rafael G. Oliveira, oliveira@mail.fcq.unc.edu.ar **Codigo Identificador:** 9221

15:40-16:00

Aulas Nuevas 4

**Reunión de la División de Materia Blanda**

**Jueves 29 de septiembre**

14:00-14:20

Aulas Nuevas 4

Charla Conjunta

División de Física Médica

## Detección de fibrosis en imágenes de cardiorresonancia mediante técnicas de Inteligencia Artificial

Jiménez P<sup>1 2</sup>, Curiale A H<sup>3 1 2</sup>, Mato G<sup>1 2 4</sup>, Calandrelli M E<sup>1 5</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Procesamiento de Señales e Imágenes - Departamento de Física Médica - CONICET - Centro Atómico Bariloche

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Applied Chest Imaging Laboratory, Brigham and Womens Hospital - Harvard Medical School, Boston, MA, USA

<sup>4</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>5</sup> Sanatorio San Carlos Carlos, San Carlos de Bariloche, Río Negro

Las técnicas de inteligencia artificial (IA), y en especial las de aprendizaje automático han demostrado ser herramientas poderosas para abordar un gran número de problemas en el área de la cardiología (1). En este trabajo buscamos aplicar estas técnicas a la detección y cuantificación de daño tisular en miocardio por medio de imágenes cine CMR. Normalmente estos daños se detectan con imágenes que utilizan agentes de contraste como el gadolinio. Sin embargo, en trabajos previos (2) se ha mostrado que las texturas asociadas a imágenes CMR presentan información relevante incluso cuando esta es imperceptible al ojo humano, permitiendo identificar patrones relevantes para detectar y cuantificar estas lesiones.

Realizamos un estudio retrospectivo observacional en 75 sujetos con diversas patologías y sujetos con diagnóstico normal. Sobre estos pacientes se adquirieron imágenes cine CMR e imágenes de realce tardío LGE. De estos 75 pacientes, 35 presentaban lesiones en el tejido miocárdico, las cuales fueron detectadas y segmentadas por un cardiólogo, a través de las imágenes LGE. Obtenemos entonces imágenes volumétricas cine CMR con el ventrículo derecho y el miocardio segmentados, e imágenes volumétricas LGE con el miocardio y las lesiones segmentadas (siempre que las tuvieran).

A partir de las imágenes obtenidas, tomamos porciones (*patches*) de 11x11 píxeles centradas en vecindarios de 11x11 alrededor de regiones aleatorias del miocardio, de forma tal que la mitad de estos contengan píxeles con lesión (en distinta cantidad). Estos *patches* comprenden la base de datos que utilizamos en nuestro método para detectar la fibrosis en imágenes CMR. Dicho método está formado por un autoencoder convolucional y un perceptrón multicapa, entrenados bajo distintos criterios.

Estudiamos la precisión del modelo propuesto, tanto para la clasificación de *patches* según la presencia o ausencia de lesión, como para la cuantificación del daño. Entrenamos nuestro modelo utilizando aumentación de datos, agregando la información de

la posición relativa al centro de masa del VI y la segmentación de las regiones del VI. Los resultados muestran que se logra aumentar la precisión del modelo al utilizar tanto la aumentación de datos como la información fisiológica del VI, obteniendo una precisión máxima del 85 % en el conjunto de validación para la clasificación binaria de *patches*. Una vez entrenado nuestro modelo, definimos estrategias para trasladar su capacidad de predicción a resultados clínicamente relevantes. Para ello creamos imágenes que cuantifican la lesión en cada píxel del miocardio. Además generamos fingerprints para cada paciente, las cuales procesamos con modelos simples basados en redes recurrentes para obtener predicciones respecto a la cantidad de lesiones para cada imagen y para cada paciente. Obtenemos una precisión del 74 % para reconocer la presencia de lesiones en una imagen a partir de estos fingerprints.

Este trabajo muestra el potencial del uso de un modelo basado en redes neuronales para identificar la fibrosis en el miocardio a partir de imágenes cine CMR. De acuerdo con nuestro conocimiento, este es el primer estudio en el país que evaluó técnicas de inteligencia artificial para cuantificar lesiones del tejido miocárdico solamente utilizando imágenes cine de cardi resonancia. Logramos identificar fibrosis en imágenes cine CMR, obteniendo una precisión aceptable. El desarrollo y mejora de estas técnicas podría permitir la detección de daño tisular sin la necesidad de recurrir a agentes de contraste como el gadolinio. Sin embargo, es necesario extender el trabajo a un mayor número de casos, utilizando distintos equipos y pacientes con lesiones de diferentes etiologías, de forma tal de reducir el error observado, mejorar la precisión y validar la metodología propuesta en una población mayor.

### Bibliografía

[1]- Larroza A, López-Lereu MP, Monmeneu JV, et al. *Med Phys*. 2018;45(4):1471-1480. doi:10.1002/mp.12783

### Publicaciones

[2]- Curiale A, Cabrera F, Jimenez P, et al. *Revista Argentina de Cardiología*. 2022; 90(2).

**Contacto:** Pablo Jimenez, pj.jime@gmail.com **Código Identificador:** 9035

14:20-14:40

Aulas Nuevas 4

Charla Conjunta

División de Materia Blanda

## Efecto de las radiaciones ionizantes sobre la concentración de iones plasmáticos en concentrados

## de glóbulos rojos almacenados para transfusión.

Alet A<sup>1 2</sup>, Porini S<sup>3</sup>, Detarsio G<sup>4</sup>, Galassi M<sup>3 5</sup>, Aresi A<sup>6</sup>, Di Tullio L<sup>6</sup>, Acosta A<sup>6</sup>, Riquelme B<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> *Area Física - Fac. de Cs. Bioquímicas y Farmaceutica - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>2</sup> *Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario (CIUNR)*

<sup>3</sup> *Grupo de Física Biomédica - IFIR (CONICET - UNR)*

<sup>4</sup> *Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas (UNR)*

<sup>5</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>6</sup> *Centro Regional de Hemoterapia de Rosario*

Los concentrados de glóbulos rojos (RBCC) son el componente que se emplea en forma más frecuente en las transfusiones sanguíneas. La irradiación gamma de la unidad transfusional está indicada cuando un paciente corre el riesgo de desarrollar la enfermedad de injerto contra huésped asociada a una transfusión. Sin embargo, esta irradiación exacerba la lesión de almacenamiento aumentando los niveles plasmáticos de potasio y disminuye los de sodio. Estos efectos sobre los glóbulos rojos reducen la seguridad transfusional de las unidades irradiadas almacenadas. En este trabajo, estudiamos el efecto de diferentes dosis de radiación sobre la concentración de los iones plasmáticos en las bolsas irradiadas, los cuales son indicativos de posibles alteraciones de la membrana de RBCC y de leucocitos (WBC). Para ello se recogieron muestras de sangre de voluntarios adultos sanos en bolsas de cloruro de polivinilo que contenían citrato-fosfato-dextrosa-adenina como conservante. El RBCC se separó en seis alícuotas, se irradiaron a 0, 2, 5, 10, 15 y 25 Gy (Biobeam GM 8000) y se almacenaron a 4 °C durante 35 días. Se realizaron determinaciones de la concentración de iones Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> en cada muestra cada tres días durante los 35 días. Además, se evaluó el contenido de glucosa y el volumen corpuscular medio (VCM). Los datos se analizaron mediante regresión lineal simple, decaimiento de una fase y ajuste de meseta exponencial, y Two-way ANOVA.

Los resultados muestran que a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento, disminuía la concentración de glucosa, independientemente de la dosis de radiación. Además, se observó una disminución del contenido de sodio y un aumento de la concentración plasmática de potasio. Cuanto mayor era la dosis de radiación, mayores eran estas variaciones, lo que indica un aumento de la permeabilidad de los glóbulos rojos con dosis de radiación superiores a 2Gy. Se observó también que el volumen corpuscular medio (VCM) aumentó significativamente con la dosis de radiación después de 20 días de almacenamiento, lo que corrobora que la radiación gamma aumenta la permeabilidad de la membrana de los eritrocitos. El número de leucocitos remanentes disminuyó con los días de almacenamiento, independientemente de la dosis de radiación.

El análisis de los resultados de este trabajo permite concluir que la dosis de radiación

no afecta el consumo de glucosa. Sin embargo, la permeabilidad de la membrana de los eritrocitos aumenta con la radiación, indicando que este tipo de alteraciones podrían ser dosis dependiente. Estos resultados podrían ayudar a diseñar un nuevo medio de conservación para reducir el daño a la membrana inducido por la radiación.

**Contacto:** Analía Inés Alet, [analía\\_alet@yahoo.com.ar](mailto:analía_alet@yahoo.com.ar) **Código Identificador:** 9260

14:40-15:00

Aulas Nuevas 4

Charla Conjunta

División de Física Médica

## Elementos finitos y MonteCarlo para el modelado del efecto de aparatos ortopédicos sobre el crecimiento óseo.

Alonso G<sup>1 2</sup>, Yawny A<sup>1 2 3</sup>, Bertolino G<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> División Física de Metales, Centro Atómico Bariloche, CNEA

<sup>3</sup> CONICET

El tratamiento de diversas deformidades patológicas de los huesos largos y vértebras se basa frecuentemente en la modulación del crecimiento mediante la aplicación controlada de cargas mecánicas. De esta manera se alteran los procesos de osificación y crecimiento que tienen lugar en una región denominada cartilago de crecimiento, placa epifisiaria o fisis, logrando de esta manera una corrección. Las aleaciones con memoria de forma tienen propiedades mecánicas pseudoelásticas que las hacen adecuadas para la fabricación de elementos capaces de ejercer los esfuerzos necesarios, manteniéndolos a medida que la corrección progresa. Sin embargo, a la fecha el tratamiento ortopédico de las desviaciones laterales de rodilla continúa siendo un método controvertido para la modulación del crecimiento. Debido a que sólo es aplicable durante una ventana de tiempo que abarca la niñez y la adolescencia temprana, se hace necesario aprovechar al máximo el tiempo disponible. En tal sentido, la utilización de aleaciones con memoria de forma permitiría mejorar sensiblemente la efectividad de las ortesis utilizadas convencionalmente.

En la actualidad no existen estándares aceptados para la cuantificación de las cargas mecánicas que deben generar los dispositivos ortopédicos, lo cual constituye un punto clave para su aplicación práctica. En este trabajo generamos un modelo de elementos

finitos personalizado para una paciente de 10 años de edad, que utilizamos para cuantificar los niveles de carga seguros a aplicar sobre la rodilla. Con este estimamos que una carga mecánica equivalente a un momento flector de 1,1 Nm produciría esfuerzos sobre la rodilla un orden de magnitud menores a los que ocurren durante actividades típicas del día a día. Sin embargo, determinamos también que la aplicación sostenida de este esfuerzo entraña el riesgo de producir un daño sobre la placa epifisiaria.

Utilizamos un modelo tensorial del crecimiento óseo [1,2] para estimar el efecto de la aplicación de la carga mecánica obtenida con el criterio anterior, contemplando la estocasticidad propia del fenómeno modelado mediante la aplicación de la técnica de MonteCarlo. Comparamos los efectos de la aplicación de una carga mecánica invariante con los generados por una ortesis convencional, cuya carga disminuye en proporción a la corrección alcanzada. De esta manera, estimamos que mediante una ortesis que aproveche el efecto pseudoelástico de las aleaciones con memoria de forma para ejercer un esfuerzo invariante sería posible corregir desviaciones en el ángulo tibiofemoral a tasas en el orden de  $(7 \pm 4)^\circ/\text{año}$ . Esta velocidad de corrección es similar a la obtenida mediante otros métodos de modulación del crecimiento más invasivos, y representaría una reducción del orden del 25 % en el tiempo necesario para reducir a la mitad deformidades de  $(10 \pm 5)^\circ$  comparado con el tiempo que requiere el uso de ortesis convencionales.

[1] M. G. Alonso, A. Yawny, and G. Bertolino. How do bones grow? a mathematical description of the mechanobiological behavior of the epiphyseal plate. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, págs. 1617-7940, Junio 2022.

[2] M.G. Alonso, A. Yawny, and G. Bertolino. A tool for solving bone growth related problems using finite elements adaptive meshes. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, Noviembre 2021.

**Contacto:** Gastón Alonso, marcelo.alonso@ib.edu.ar **Código Identificador:** 9027

15:00-15:20

Aulas Nuevas 4

Charla Conjunta

División de Materia Blanda

## Simulaciones de respuesta óptica de un colorante sensible al voltaje (CSV) inserto en membranas lipídicas polarizadas

Galassi V<sup>1,2</sup>, Sosa M<sup>1,2</sup>, Sánchez C<sup>1,2</sup>, Del Pópolo M<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Interdisciplinario de Ciencias Básicas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Cuyo*

El objetivo del trabajo es el estudio de la respuesta óptica de colorantes sensibles al potencial de membrana (CSV), que son moléculas anfífilas capaces de sensar diferencialmente el estado de polarización de membranas biológicas. Se buscó elucidar los determinantes moleculares subyacentes a la afinidad por membranas y la respuesta óptica. Esto se logró a través de una metodología computacional que permite describir configuracional y electrónicamente el fenómeno, deconvolucionándolo en estas componentes.

El interés en el desarrollo de una metodología para entender y predecir la respuesta de los CSV radica en su utilidad en el diseño racional de moléculas con respuesta mejorada. La relevancia de estos cromóforos se debe a su potencial aplicación en ciencia experimental y diagnóstico por imágenes en tejido neuronal y cardíaco.

Se utilizó indocianina verde (ICG) como modelo de estudio. Es una molécula con peculiar actividad óptica, excitándose en el infrarrojo cercano, lo que permite irradiar y detectar hasta 2 cm transdermalmente. La ICG cuenta además con la aprobación para el uso clínico humano por parte de la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) y se ha reportado su uso en diversas investigaciones biomédicas [1].

Se construyeron los modelos de mecánica molecular de sistemas de doble bicapa para generar dos compartimentos acuosos delimitados, a través de los cuales se generó un desbalance iónico para obtener la polarización. El colorante indocianina verde (ICG) fue embebido en una de las bicapas, específicamente en la hemicapa con polaridad positiva, mimetizando el medio extracelular.

Se utilizó la técnica de muestreo estadístico *Umbrella Sampling* para calcular el potencial de fuerza media (PMF) de partición del colorante en la membrana, que da cuenta de la afinidad. El efecto de la polarización en la afinidad, localización y orientación respecto del plano de la membrana, se obtuvo de las trayectorias de dinámica molecular correspondientes al mínimo del PMF, así como de trayectorias sin sesgo partiendo de las configuraciones de mínima energía. Se obtuvieron distribuciones para la localización del colorante y de los grupos sulfonato, y para dos ángulos que describían la orientación en la membrana.

El cálculo de estados electrónicamente excitados en moléculas ópticamente activas como los CSV requiere un análisis de dinámica electrónica, como por ejemplo *time dependent-density functional theory (TD-DFT)*. Esto es extremadamente costoso para sistemas en fase condensada. Por ello se utilizó un esquema híbrido de mecánica molecular y mecánica cuántica QM/MM. En este esquema, el sistema se dividió en dos subsistemas: el colorante, descrito *ab initio*, y el entorno (membrana y medio

acuoso), que se describió a través de las cargas parciales que polarizaban la función de onda del colorante. Se efectuó el cálculo de TD-DFT de configuraciones relevantes extraídas de la dinámica molecular, y se obtuvieron los espectros medios de absorción para ICG en las membranas con diferente estado de polarización. Se logró reproducir el pequeño corrimiento en los espectros dependiente de la polarización evidenciado en resultados experimentales [1].

Con el fin de desglosar el efecto meramente electrocrómico, se calculó el corrimiento de la longitud de onda máxima de absorción ante la aplicación del campo eléctrico externo uniforme en diferentes direcciones de la molécula de ICG en vacío. Se observó que la orientación de la molécula en la membrana no favorece el alineamiento de la dirección de mayor susceptibilidad al campo con la mayor componente del campo eléctrico de transmembrana. Se efectuó una primera tentativa de diseño racional de sensores de potencial con respuesta mejorada. Se propusieron derivados de la molécula de ICG con respuesta electrocrómica, de modo tal de obtener una orientación en membrana que maximice la respuesta óptica al campo eléctrico de transmembrana.

[1] Alander, J. T.; Kaartinen, I.; Laakso, A.; Pätilä, T.; Spillmann, T.; Tuchin, V. V.; Venermo, M.; Välisuo, P. *Journal of Biomedical Imaging* 2012 (2012) 7

[2] Treger, Jeremy S., et al. *Biophysical journal* 107.6 (2014) L09-L12

**Contacto:** Vanesa Galassi, vanegalassi@gmail.com **Codigo Identificador:** 9223

15:20-15:40

Aulas Nuevas 4

Charla Conjunta

División de Física Médica

## Proyecto FICELTAR: Filtro de Células TumORAles Argentino

Felix-Pozzi M<sup>1</sup>, Mercado D<sup>1</sup>, Perez D<sup>1</sup>, Ostapchuk G<sup>2 1</sup>, Catalano P<sup>2 1 3</sup>, Berlín G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Micro y Nanotecnología - Centro Atómico Constituyentes - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>2</sup> *INSTITUTO DE NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA -CONICET/CNEA- NODO CONSTITUYENTES*

<sup>3</sup> *Facultad de Farmacia y bioquímica*

Las responsables de diseminar un tumor primario localizado en un órgano determinado hacia otros distantes, son las Células TumORAles Circulantes (CTCs) al infiltrarse en

la sangre periférica del paciente. Este proceso compuesto de varias fases conocido como metástasis, es el responsable de más del 90 % de los fallecimientos asociados al cáncer. La detección de pocas unidades de CTCs en volúmenes de sangre extraídos de un paciente y su correcto recuento, permitiría realizar una detección temprana del tumor y/o conocer la evolución de una terapia. Es por ello que desarrollamos este filtro cuyo objetivo primario es aportar un dispositivo para biopsia líquida basado en las propiedades físicas de las células tumorales (tamaño y deformabilidad) . Este sistema está compuesto por una bomba de jeringa, dos descartables, un portafiltro de diseño propio y una membrana porosa microfabricada mediante la técnica electroplating, cuya sección circular es de 1 cm de diámetro, con más de 200.000 poros y cuyos diámetros varían entre 8, 10 y 12  $\mu m$ . Los ensayos de pasaje de medio de cultivo y células a través de la membrana porosa, fueron llevados adelante empleando las líneas celulares correspondientes a linfoma de Hodkin clásico: KMH2, UH01 y L1236, y tuvieron como objetivo primario estudiar la performance de captura del sistema. Aunque fue concebido como un dispositivo para diagnóstico, puede ser adaptado para funcionar como *cell sorter* además de dejar abiertas las posibilidades de modificarlo para ser utilizado con el fin que se desee.

**Contacto:** Marcelo Felix-Pozzi, mpozzi@df.uba.ar **Código Identificador:** 8654

15:40-16:00

Aulas Nuevas 4

**Charla Invitada**

Charla Conjunta

División de Materia Blanda

## Transporte de Microorganismos y esterilización de materiales mediante campos eléctricos

Miño G L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Microscopía Aplicada a Estudios Moleculares y Celulares (LMAE), Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Entre Ríos (FIUNER)*

Las biopelículas bacterianas (en inglés biofilms) son estructuras complejas de células bacterianas y matriz polimérica y su estudio es muy relevante en los campos de la Bioingeniería, Biología, Ecología y las Ciencias Médicas. Estas estructuras se desarrollan a través de una serie de procesos que comienzan con la interacción de las bacterias

con su entorno (propiedades de la superficie, condiciones ambientales e hidrodinámicas) y luego, con otras bacterias (por medio de intercomunicación entre células). Actualmente se están realizando diferentes metodologías para controlar o dirigir el transporte de bacterias. En particular, el uso de corriente galvánica propuesto por Spector et al. (2015) tenía el objetivo de transferir microorganismos de una placa metálica contaminada a otra placa metálica estéril [1]. Durante este proceso, se observó que muchas bacterias morían en el proceso. En esta charla se mostrará como el efecto del campo eléctrico (E) puede disminuir o eliminar la presencia de microorganismos de eucariota y procariota. El primer modelo celular está representado por levaduras comerciales (*Saccharomyces cerevisiae*) y el segundo por *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923). El trabajo resume dos experimentos realizados a microescala y a macroescala. En el primero, se diseñaron dispositivos que combinan técnicas de impresión 3D y litografía blanda con polidimetilsiloxano (PDMS), permitiendo así caracterizar el movimiento de las células bajo campo eléctrico, usando microscopía óptica y análisis de seguimiento de partículas por imágenes usando plugins in FIJI. Para el segundo set de experimentos se diseñaron placas de circuito impreso para generar un campo eléctrico con conductores paralelos en espiral, y se analizó qué ocurre con la suspensiones de microorganismos. Las observaciones en el microscopio del primer grupo de ensayos demostraron que el campo eléctrico mata los microorganismos presentes en la suspensión. Además, varios ensayos realizados en diferentes instituciones y diferentes investigadores han demostrado la efectividad del método. Estos resultados pueden dar lugar a aplicaciones para esterilizar líquidos, prótesis o infecciones de heridas.

[1]. Mario Spector, Leandro Peretti, Favio Vincitorio y Luciano Iglesias. Bacterial Migration Cell, *Procedia Materials Science* 8, 346-350 (2015).

**Contacto:** Gastón Leonardo MIÑO, [glmino@ingenieria.uner.edu.ar](mailto:glmino@ingenieria.uner.edu.ar) **Código Identificador:** 9291

## Sesiones de Posters

- Martes 27/9: MB-1 a MB-17.
- Miércoles 28/9: MB-18 a MB-35.

**MB-1 Amortiguación líquida a partir de nanopartículas porosas suspendidas en soluciones acuosas**

Fonrouge Kotik S F<sup>1 2</sup>, Borioni J L<sup>3</sup>, Del Pópolo M G<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Interdisciplinario de Ciencias Básicas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>3</sup> *Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba*

La intrusión forzada de agua y soluciones acuosas en cavidades hidrofóbicas involucra una transformación del trabajo mecánico en energía superficial. Este mecanismo puede emplearse en el almacenamiento reversible de energía, por lo que tiene posibles aplicaciones en el desarrollo de materiales reutilizables con gran capacidad de amortiguación [1, 2]. Dada la reversibilidad del proceso de carga, y la estabilidad y resistencia a la hidrólisis de la red metalorgánica ZIF-8, suspensiones de nanopartículas de este material en agua podrían emplearse como un amortiguador líquido [3].

Mediante simulaciones de Dinámica Molecular, se estudió el proceso de intrusión de agua y de soluciones acuosas de metanol en una nanopartícula de ZIF-8 flexible a partir de una compresión isotrópica instantánea. Los resultados provisionales muestran un llenado secuencial de la partícula, una aceleración del proceso de nucleación en presencia de metanol, y un aumento progresivo en la concentración de metanol dentro de la partícula. La suspensión de nanopartículas porosas se comporta entonces como un líquido compresible, que manifiesta un cambio relativo de volumen entre dos y tres veces mayor que el del solvente puro tras su compresión.

[1] V. Eroshenko, R.-C. Regis, M. Souldard y J. Patarin, *J. Am. Chem. Soc.*, 2001, 123, 8129-8130.

[2] G. Fraux, F.-X. Coudert, A. Boutin y A. H. Fuchs. *Chem. Soc. Rev.*, 2017, 46, 7421-7437.

[3] Y. Sun, S.M.J. Rogge, A. Lamaire et al. *Nat. Mater.*, 2021, 20, 1015-1023.

## **MB-2** Aplicaciones preliminares de un nuevo índice de estructura para agua basado en consideraciones energéticas en membranas lipídicas modelo

Verde A R<sup>1</sup>, Alarcón L M<sup>1</sup>, Menéndez C A<sup>1</sup>, Accordino S R<sup>1</sup>, Appignanesi G A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Química del Sur, Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 8000, Argentina*

El paradigma moderno que describe a las membranas biológicas considera que el agua de hidratación es una parte insustituible y constitutiva de la membrana. Existen varias cuestiones que aún no han sido dilucidadas en el contexto del agua de hidratación de membranas. Por un lado, el agua de hidratación suele presentar, incluso a temperatura ambiente, una dinámica lenta característica del agua sobreenfriada (o comportamiento vítreo). Dicho comportamiento se extiende bastante lejos de la membrana (incluso existen resultados recientes que hablan de una longitud de escala sumamente anómala, más para la estructura que para la dinámica). Por otro lado, experimentos de espectroscopia infrarroja han detectado la existencia de una gran riqueza estructural, con diversos "tipos de aguas". Por lo tanto, poder disponer de un índice de estructura que caracterice microscópicamente al agua de hidratación de membranas sería sumamente relevante y permitiría que regiones con distinta reactividad local se puedan "mapear". Para esta tarea contamos con un nuevo índice que propusimos en nuestro grupo, llamado V4, que tiene como virtud el hecho de que el mismo es en principio generalizable a contextos no bulk (donde los índices existentes fallan), por lo que es entonces aplicable a contextos como interfaces y nanoconfinamiento. Aplicaremos el índice para determinar la longitud de escala en la que el comportamiento del agua converge al valor del bulk en membranas modelo de dipalmitoilfosfatidilcolina (DPPC).

### **MB-3 Estudio teórico-experimental de encapsulación molecular en estructuras autoensambladas de péptidos-anfifilos**

Fiora M M<sup>1 2</sup>, Tagliacruzchi M<sup>2</sup>, Ybarra G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INTI - Centro de Micro y Nanoelectrónica del Bicentenario, Av. Gral Paz 5445 (B1650KNA), San Martín, Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup> Ins. de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

El objetivo general de este trabajo es comprender los aspectos físico-químicos relacionados con la encapsulación de moléculas huésped en estructuras autoensambladas de péptidos-anfifilos. Este estudio teórico-experimental tiene la finalidad de poder utilizar este sistema para explorar su aplicación en la preparación de superficies modificadas con hidrogeles con actividad antimicrobiana.

Los péptidos anfifilos son moléculas compuestas por una cadena alquílica hidrofóbica y un segmento peptídico hidrofílico. La combinación de segmentos hidrofóbicos e hidrofílicos en una misma molécula otorga a los péptidos anfifilos la capacidad de autoensamblarse. Las distintas morfologías que se han observado experimentalmente

para estos sistemas incluyen micelas y vesículas esféricas, fibras cilíndricas y nanocintas (o lamelas). Además la estructura interna de los autoensamblados de péptidos anfífilos permite encapsular moléculas hidrofóbicas o anfífilas en el núcleo o cerca de la interfase núcleo corona de la nanoestructura.

Se realizó un estudio teórico de un sistema de péptido anfífilo del tipo  $C_{16}K_n$  en solución, donde K es una lisina, mediante el uso de una herramienta de termodinámica estadística denominada teoría molecular. Esta teoría incorpora detalles moleculares, tales como la forma, carga y conformaciones de todas las especies químicas en el sistema, las interacciones electrostáticas y no-electrostáticas entre estas especies y la presencia de equilibrios químicos acoplados. Esta herramienta teórico-computacional se basa en la minimización de un funcional de energía libre del sistema. Como entrada se detallan las condiciones experimentales y parámetros moleculares, y como resultado de la extremización del funcional se obtiene la estructura y termodinámica del sistema en equilibrio.

Mediante estudios sistemáticos de variación de pH de la solución, se observaron los cambios morfológicos del autoensamblado predichos por la teoría y hubo buen acuerdo con los resultados experimentales. Los estudios teóricos mostraron que el aumento de pH provoca una transición primero, de micelas esféricas a fibras cilíndricas y luego de fibras a lamelas planas.

En base a los cambios morfológicos observados, se realizaron experimentos de electrodeposición de geles en superficies metálicas con el método desarrollado por el grupo de Materiales Blandos del INQUIMAE -FCEN-UBA. Utilizando el método propuesto, un sustrato metálico se sumerge en una solución de péptidos-anfífilos y se aplica un potencial negativo (reductor) al electrodo. La electrorreducción del agua en estas condiciones, produce un incremento en el pH local cerca del electrodo, buscando la gelificación de la solución mediante una transición a un autoensamblado tipo fibra. Los experimentos de electrodeposición de hidrogeles resultaron compatibles con las predicciones de la teoría, ya que el aumento local del pH cerca del electrodo dispara una transición de micela a fibra, produciendo la gelificación de la solución sobre la superficie metálica.

También se analizó la encapsulación de moléculas huésped hidrofóbicas en estos sistemas. Esto resulta de gran interés para poder encapsular agentes antimicrobianos o antibióticos dentro de estas estructuras autoensambladas de péptidos ya que se podría potenciar la actividad antimicrobiana intrínseca de estos agregados.

El objetivo final es combinar la encapsulación molecular de moléculas huésped con el

método de electrodeposición de hidrogeles para la generación de superficies antimicrobianas. Esto motiva posibles aplicaciones biomédicas, por ejemplo, en instrumentos quirúrgicos e implantes para la prevención de films bacterianos.

### **MB-4 Influencia del ácido docosahexaenoico (dha) en las propiedades de hidratación de membranas lipídicas con colesterol**

Verde A R<sup>1</sup>, Alarcón L M<sup>1</sup>, Menéndez C A<sup>1</sup>, Accordino S R<sup>1</sup>, Appignanesi G A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Química del Sur, Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 8000, Argentina*

Se sabe que el colesterol modifica significativamente las propiedades estructurales y dinámicas de las membranas lipídicas. Por un lado, se ha determinado que la presencia de moléculas de colesterol en la bicapa lipídica rigidiza a la misma al estirar las colas hidrofóbicas. Por otro lado, hallazgos experimentales y computacionales recientes han hecho evidente el hecho de que el colesterol también altera la dinámica y las propiedades de hidratación de los grupos de la cabeza polar de las membranas modelo de dipalmitoilfosfatidilcolina (DPPC). Se ha demostrado que el colesterol mejora la difusividad del agua superficial, un hecho que podría desempeñar un papel fundamental en la reactividad de la membrana. A su vez, recientemente hemos demostrado que el ácido docosahexaenoico (ácido graso Omega-3), contrarresta el efecto del colesterol sobre las propiedades mecánicas de la membrana de DPPC al fluidificar la bicapa. Sin embargo, tal comportamiento representa de hecho un resultado global dominado por las colas hidrofóbicas de lípidos más grandes que no discriminan entre las diferentes partes de la membrana (polar y no polar) ni aclaran el efecto sobre el agua de hidratación de la membrana. Por lo tanto, ahora realizamos simulaciones de dinámica molecular para examinar la influencia de DHA en la estructura y la dinámica del agua de hidratación de las membranas de colesterol DPPC.

### **MB-5 Síntesis electroquímica y modificación química de polímeros de porfirina. Estudio de aplicación como material electroactivo en dispositivos supercapacitivos orgánicos.**

Codoni C<sup>1</sup>, Boarini M<sup>2</sup>, Otero L A<sup>1</sup>, Durantini E N<sup>2</sup>, Gervaldo M A<sup>1</sup>, Durantini J E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *IITEMA-CONICET, Departamento de Química, Universidad Nacional de Río Cuarto-CONICET*

<sup>2</sup> IDAS-CONICET, Departamento de Química, Universidad Nacional de Río Cuarto-CONICET

Los polímeros conductores porosos (PCP) han aparecido como una nueva base para la construcción de dispositivos para conversión y almacenamiento de energía [1]. Los PCP pueden contener numerosos centros redox, lo que les confiere una muy alta capacidad, y pueden obtenerse con alta porosidad, lo que permite un rápido acceso de las cargas a los centros redox. Por lo tanto, los dispositivos pueden cargarse muy rápidamente (unos pocos segundos) y entregar potencias muy altas, a altos regímenes de corriente. Estas características los ha tornado excelentes materiales para supercapacitores (SC), presentado grandes capacitancias y muy buenas estabilidades en los ciclos de carga-descarga [1]. Muchos de los PCP utilizados en SC exhiben cambios de color durante un proceso de carga-descarga [2] permitiendo monitorear los estados de almacenamiento de energía a través de la observación visual. Estas características proporcionan a los polímeros conductores poroso un gran potencial de aplicación en la construcción de dispositivos inteligente de almacenamiento de energía.

Gran parte los PCP utilizados en SC son sintetizados por métodos químicos complejos y de varios pasos de síntesis, los cuales son además costosos y generan grandes cantidades de desechos. La electropolimerización aparece con un método alternativo para la fabricación de PCP. Los métodos electroquímicos presentan ventajas sobre los métodos químicos comúnmente utilizados. La polimerización electroquímica permite la forma simultánea la síntesis y deposición de la película polimérica en un solo paso, y con un control fácil y adecuado del espesor de la película.

Por lo anteriormente expuesto, en este trabajo se generaron mediante metodologías electroquímicas polímeros conductores porosos para su utilización en SC. Para esto inicialmente se sintetizó un monómero de porfirinas adecuadamente funcionalizado, sustituido en dos de sus cuatro extremos por grupos carbazol (CBZ) que permiten su electropolimerización sobre electrodos conductores. Asimismo, en los dos extremos restantes, los monómeros de porfirina fueron sustituidos con grupos pentafluorofenilo. Estos grupos representan un bloque de construcción adecuado y versátil para la formación de macrociclos tetrapirrólicos sustituidos en las posiciones meso, a través de reacciones de sustitución nucleofílica aromática (SNAr) [3]. Dicha característica permitió realizar la formación química de polímeros modificados, mediante una reacción SNAr regioselectiva entre las correspondientes porfirinas y un nucleófilo [4]. Esta reacción química de entrecruzamiento, produjo modificaciones en la morfología y porosidad de los polímeros que se depositaron electroquímicamente sobre los sustratos. La deposición del material polimérico se puso en evidencia por la observación de picos de oxidación correspondientes a la oxidación del macrociclo y de las unidades de dicarbazol (DCBZ) generadas durante el proceso de ciclado electroquímico en la ventana de potencial adecuada. Además, los espectros de absorción de los polímeros fueron similares a los de los monómeros en solución indicando que el macrociclo de la

porfirina no se alteró durante la electropolimerización. Los estudios de espectroelectroquímica confirmaron la presencia de las unidades de DCBZ, ya que los espectros de absorción obtenidos a los potenciales de oxidación fueron típicos de cationes radicales y dicationes de esta especie.

Los polímeros fueron evaluados como materiales electroactivos para la construcción de supercapacitores orgánicos. Las experiencias de carga-descarga galvanostática presentaron forma triangular simétrica, confirmando la reversibilidad electroquímica de los diferentes polímeros. Además, el comportamiento electrocromático observado en los films poliméricos permite la aplicación en dispositivos transparentes donde los procesos de carga/descarga son mediados y observados por cambios de color en el mismo. Referencias.

[1] X Zhang, Z Xiao, X Liu, P Mei, Y Yang. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 147 (2021) 111247

[2] R Wang, M Yao, Z Niu. *InfoMat.* 2 (2020) 113.

[3]. NVSDK Bhupathiraju, W Rizvi, JD Batteas, C M Drain, *Org. Biomol. Chem.* 14 (2016) 389.

[4]. DA Heredia, J E Durantini, DD Ferreyra, E Reynoso, EJ Gonzalez Lopez, AM Durantini, ME Milanesio, EN Durantini, *J. Photochem. Photobiol. B. Biol.* 225 (2021) 112321.

## MB-6 Caracterización topológica de nanocompuestos poliméricos

Negri L<sup>1</sup>, Gómez L R<sup>1</sup>, Vega D A<sup>1</sup>, García N A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física del Sur - Universidad Nacional del Sur*

Los polímeros son compuestos macromoleculares formados a través de la unión química de moléculas pequeñas conocidas como monómeros.

Para considerar las aplicaciones tecnológicas de los polímeros, es imprescindible comprender el comportamiento mecánico y viscoelástico de los mismos. Se sabe que las propiedades mecánicas de los polímeros en fundido y en soluciones concentradas dependen principalmente de la longitud de la cadena (peso molecular). Dentro de la física universal de los polímeros se descubrió que al aumentar el peso molecular, a partir de cierto valor crítico surgen restricciones topológicas conocidas como entrelazamientos (del inglés entanglements). Estas restricciones dictan las propiedades físicas del sistema, alterando por ejemplo: viscosidad, comportamiento reológico, comportamiento mecánico, entre otras [1].

Los entrelazamientos han sido ampliamente estudiados para cadenas lineales con una sola unidad estructural (homopolímero), sin embargo y a pesar de su importancia, no

se conoce en profundidad la influencia que estos tienen sobre las propiedades físicas en sistemas más complejos como son los polímeros heterogéneos y multicomponentes. Un interesante caso dentro de este último grupo son los Nanocompuestos Poliméricos (Nanocomposites); que son materiales híbridos que contienen nanopartículas, usualmente inorgánicas, incrustadas en una matriz polimérica que permiten ajustar las propiedades macroscópicas a escala nanométrica. Se ha demostrado que la presencia de nanopartículas y su interacción con el polímero influyen en el volumen libre, la dinámica de la cadena y también en el envejecimiento del material, que se relaciona con el transporte molecular del filtrado en la membrana [2-4].

Se ha reportado en la literatura que un aumento en la concentración de las nanopartículas incrustadas en la matriz de polímero, en general, refuerza las propiedades mecánicas del nanocompuesto, aumentando su módulo elástico y su viscosidad, así como también la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ), lo que nos permitiría obtener materiales altamente resistentes [2-4].

Sin embargo, también se ha observado el comportamiento opuesto, la disminución de la viscosidad, pero los fundamentos detrás de este fenómeno son desconocidos hasta el momento. Este comportamiento podría asociarse a la esperada reducción de los enredos moleculares inducida por el confinamiento local de nanopartículas cercanas, pero esta hipótesis aún no está confirmada [2-4].

En este trabajo se realizaron simulaciones de dinámica molecular de nanocompuestos poliméricos, donde se caracterizó la topología del sistema para diferentes tamaños de nanopartículas y sus distintas concentraciones en la matriz [5-6]. Se obtuvo que al aumentar la concentración de las nanopartículas aumentan los entrelazamientos del polímero. Esto nos permite asegurar que, al aumentar dicha concentración las propiedades mecánicas del nanocompuesto son reforzadas. Sin embargo, se pudo observar que cuando la concentración de nanopartículas es muy alta ( $\sim 45\%$ ) las nanopartículas tienden a cristalizar localizándose en un punto particular de la matriz. Esto genera una disminución de los entrelazamientos, lo que trae como consecuencia la pérdida del refuerzo mecánico. Por otro lado, se pudo determinar que en general, un aumento en el tamaño de las nanopartículas deviene en una pérdida de los entrelazamientos.

[1] Doi, M., Edwards, S. F., "The Theory of Polymer Dynamics", Oxford University Press: Oxford, (1986)

[2] Merkel, T.C., Freeman, B.D. et al., Science, 296, 519-522 (2002)

[3] Ramesh, N., Davis, P.K et al., J. Polym. Sci. B Polym. Phys., 49, 1629-1644 (2011)

[4] Wang, H., Hor J.L., et al., ACS Nano, 12, 5580-5587 (2018)

[5] García N. A., Barrat, J.-L., *Macromolecules* 51, 9850-9860 (2018)

[6] M. Kröger, *Comput. Phys. Commun.* 168:3, 209-232, (2005). Sachin Shanbhag and Martin Kröger, *Macromolecules*, 40 (8)

## **MB-7** Caracterización eléctrica de una mezcla de poliamidas PA6 y PA12, con agregado de nanotubos de carbono

Mateo G<sup>1</sup>, Ciocci Brazzano L<sup>1 2</sup>, Bernal C R<sup>1 2</sup>, Abad M J<sup>3</sup>, Sorichetti P A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *CONICET*

<sup>3</sup> *Grupo de Polímeros, Centro de Investigaciones Tecnológicas, Universidade da Coruña*

Los nanocompuestos tienen actualmente una amplia variedad de aplicaciones en áreas tan diversas como la electrónica o la industria textil. En particular, los nanotubos de carbono (CNTs, por sus siglas en inglés) poseen propiedades interesantes tales como elevada rigidez y resistencia mecánica, alta conductividad eléctrica y térmica, baja densidad, muy alta relación de aspecto, y costo de fabricación relativamente bajo. Todo esto los convierte en candidatos ideales para modificar matrices poliméricas.

Para el diseño y caracterización de materiales y sensores, es sumamente importante conocer con precisión sus propiedades eléctricas. En la literatura se pueden encontrar estudios de conductividad en corriente continua para distintos nanocompuestos tales como aquellos basados en mezclas de poliamida-6 (PA6) y poliamida-12 (PA12) modificadas con CNTs. Sin embargo, no encontramos un estudio sistemático de su permitividad y conductividad a altas frecuencias, o de sus propiedades eléctricas como función de la temperatura. El objetivo de este trabajo es la caracterización eléctrica de una mezcla de poliamidas (PA6/PA12 50/50), con nanotubos de carbono de pared múltiple comerciales.

Caracterizamos las propiedades eléctricas de compuestos con distintas concentraciones de CNTs mediante espectroscopía dieléctrica de banda ancha. Esta técnica permite analizar la interacción del material bajo estudio ante la excitación por un campo eléctrico dependiente del tiempo. Obtuvimos y analizamos espectros isotérmicos de muestras con concentraciones de CNTs desde 0 hasta 8

Los nanocompuestos fueron proporcionados en forma de película por el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Politécnica de La Coruña, Ferrol, en el marco de un proyecto de colaboración.

## **MB-8** Formación de agregados de rutina, en solu-

## ciones acuosas con y sin sorbitol

CORRAL G M<sup>1</sup>, CAMPO M G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de La Pampa*

Rutina (quercetin-3-rutinósido) es un glucósido flavonoide que combina la quercetina y el disacárido rutinosa. El sorbitol es un poliol, que forma parte del grupo de depresores de la actividad del agua. En este trabajo desarrollamos los modelos de moléculas de rutina y de sorbitol en base al campo de fuerza Amber99. Como solvente usamos el modelo de agua SPC/E. Calculamos las cargas atómicas parciales mediante un análisis Mulliken con el módulo ESP del software NWChem utilizando la base 6-31G. Empleamos el paquete de simulación GROMACS para realizar las simulaciones por dinámica molecular clásica. Analizamos el comportamiento estructural y dinámico de los tres tipos de moléculas presentes en la simulación. Del comportamiento difusivo de las moléculas estudiadas, en función de la concentración, obtenemos detalles significativos que permiten hacer inferencias sobre la interacción de las moléculas presentes en la solución. Comparando histogramas de frecuencia relativa de número de moléculas por agregado, y frecuencia relativa de tiempos de vida de moléculas dentro de un agregado, estudiamos la formación de agregados de quercetina-3-rutinósido, en ausencia y presencia de sorbitol a diferentes concentraciones.

### **MB-9** Estudio del efecto de péptidos catiónicos sobre propiedades reológicas y mecánicas de membranas modelo

Puchol J<sup>1 2</sup>, Via M<sup>1 2</sup>, Galassi V<sup>1 2</sup>, Wilke N<sup>3 4</sup>, Del Pópolo M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Interdisciplinario de Ciencias Básicas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>3</sup> *Centro de Investigaciones en Química Biológica de Córdoba (CONICET)*

<sup>4</sup> *Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba*

El objetivo del trabajo es el de aportar el detalle molecular de la modulación que los péptidos catiónicos ejercen sobre membranas modelo, utilizando una combinación de simulaciones computacionales de grano grueso técnicas de análisis tales como el método de ondas capilares.

Los péptidos catiónicos son pequeñas cadenas de aminoácidos con carga positiva cuyo estudio es de interés por sus posibles aplicaciones en el diseño de drogas y de vías de

vehiculización dirigida de las mismas. Se encuentran dentro de esta familia los péptidos de penetración celular (CPP), son cadenas ricas en arginina de hasta 20 aminoácidos que forman parte de mecanismos biológicos endógenos de transporte y transducción celular. Su capacidad de translocación de membranas aniónicas ha inspirado diversas aplicaciones tecnológicas. Los péptidos antimicrobianos (AMP), otra familia de péptidos catiónicos de hasta 50 residuos, son parte del mecanismo de defensa de insectos e invertebrados a las infecciones bacterianas, y son potenciales sustitutos de antibióticos comunes. Se ha observado que su interacción con membranas es mediada por las propiedades fisicoquímicas de ambas partes, teniendo una fuerte componente electrostática. Esta interacción tiene un efecto estructural en las membranas, que es el objeto de este estudio.

Se empleó *Umbrella Sampling* con el objetivo de analizar la energética de la interacción péptido-membrana, calculando el Potencial de Fuerza Media (PMF) del proceso. Se analizó el efecto de la composición de la membrana y la carga superficial para el CPP nonaarginina (R9) [1] y para el AMP polybia-MP1. Los PMF de interacción de polybia fueron obtenidos a su vez por Teoría Molecular, una poderosa técnica derivada de la mecánica estadística que se basa a minimización de un funcional de energía libre a través de la resolución auto-consistente de la densidad local de todas las especies presentes en el sistema [2]. La contribución entrópica es tenida en cuenta a través de la inclusión de configuraciones generadas por dinámica molecular. Este método de campo medio presenta las ventajas de ser extremadamente eficiente y rápido para el cálculo de energía libre en comparación a la dinámica molecular, y permite evaluar cambios en los estados de protonación en grupos con química ácido-base, como lo son los aminoácidos ionizables de los AMP y los grupos ácidos de las membranas.

Motivado por evidencias experimentales del efecto de poliargininas en las propiedades reológicas de bicapas lipídicas, que sugieren una disminución en la rigidez interfacial [3], se efectuaron simulaciones de compresión-relajación para evaluar el tiempo característico de relajación de curvatura en membranas con diferentes grados de cobertura de R9. Se observó una dependencia de la dinámica de relajación con la cantidad de R9 adsorbido en la interfaz lipídica consistente con los resultados experimentales.

Con el fin de deconvolucionar las componentes dinámica y estática de este efecto, se evaluó el coeficiente de difusión lateral de los lípidos, y el módulo de elasticidad de las membranas respectivamente. El módulo elástico se obtuvo a través del método de análisis de ondas capilares, que consiste en el mapeo de una superficie de isodensidad gaussiana a la interfaz lipídica, con el posterior análisis de los modos normales de ondulación [4]. Las dependencias de estas propiedades con el grado de cobertura de las membranas con R9 sugieren que el efecto del CPP sobre las propiedades reológicas de la membrana es sustancialmente de naturaleza dinámica.

[1] Via M. A., Wilke N., Mayorga L. S., Del Pópolo M. G. *Soft Matter* (2020) Advance Article.

[2] Chiarpotti, M. V.; Longo, G. S.; Del Pópolo, M. G. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 197 (2021) 111373.

[3] Crosio, M. A.; Via, M. A.; Cámara, C. I.; Mangiarotti, A.; Del Pópolo, M. G.; Wilke, N. *Biomolecules* , 9.10 (2019) 625.

[4] Tarazona, P.; Chacón, E.; Bresme, F. *The Journal of chemical physics* 139.9 (2013) 094902.

## MB-10 Indagación sobre la dinámica de agregaciones magnéticas bajo la acción de un campo magnético circular AC

Frisco A<sup>1</sup>, Digón M A<sup>1</sup>, Jorge G A<sup>1 2</sup>, Chilotte C E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento*

<sup>2</sup> *CONICET*

El estudio de la formación, crecimiento y dinámica de sistemas complejos a partir de partículas individuales es de gran importancia en diversas ramas de la física. La numerosas facetas fenomenológicas y aplicaciones que convergen en esta rama de estudio crean un inherente atractivo de este campo para la comunidad científica.

En este trabajo se estudió la creación y manipulación de estructuras auto ensambladas de partículas magnéticas de hierro y níquel (de entre 10 y 40 micrómetros) diluidas en una solución acuosa cuando se aplica un campo magnético. Dicha solución estaba compuesta de agua y sustancias surfactantes para facilitar la decantación de las pequeñas estructuras en el fondo de un recipiente plano.

La forma de estas estructuras auto ensambladas (de longitudes entre 400 y 1000 micrómetros) depende tanto de la frecuencia como de la amplitud del campo al cual están sometidas. Aplicando campo magnético circular (o elipsoidal) perpendicular al plano, se consiguió que esas estructuras adquiriesen una rotación colectiva que produce un desplazamiento neto de las mismas.

Mediante el análisis de imágenes de video-microscopía se determinó la velocidad del desplazamiento de los ensambles con respecto al fondo del recipiente. Estas velocidades son mucho mayores a las obtenidas en los desplazamientos de partículas individuales, y resultaron proporcionales a la frecuencia de excitación y al largo de las estructuras (características compatibles con un movimiento tipo rodadura").

## MB-11 Estudio bi/tridimensional del frente de difusión y reticulado de calcio en una tinta de hidrogeles para implementar en una bioimpresora 3D.

Palma J<sup>1</sup>, Bertuola M<sup>1</sup>, Hermida É B<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Tecnologías Emergentes y Ciencias Aplicadas (ITECA), UNSAM-CONICET, Escuela de Ciencia y Tecnología, Laboratorio de Cristalografía Aplicada, San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina*

Los hidrogeles naturales se utilizan ampliamente para la bioimpresión 3D de andamios que emulan la matriz extracelular de diferentes tejidos humanos; esto se debe a su alto contenido en agua, su buena biocompatibilidad y su biorreabsorción [1]. Las propiedades mecánicas de los andamios deben asemejarse a las del tejido objetivo para lograr una buena integración biomecánica y desencadenar respuestas celulares nativas del tejido como la adhesión, cambios morfológicos y diferenciación celular [2]. Otra de las ventajas de utilizar hidrogeles para andamios de bioimpresión 3D, para medicina regenerativa, es que sus propiedades mecánicas pueden modularse ajustando condiciones del proceso de reticulación como la duración, la naturaleza y la concentración del agente reticulante [3,4].

Las propiedades mecánicas de los andamios dependen de la fracción de hidrogel reticulado a lo largo del tiempo. En este trabajo, se estudia la cinética del frente de reticulado dentro de la matriz de una tinta de Alginato-Gelatina-Ácido Hialurónico (Alg-Gel-Hial) (4,5

Se tuvo en cuenta que el proceso de difusión del calcio ocurre en la tinta reticulada de tal forma que cuando difunde completamente a través de ésta, se reticula la próxima sección de la tinta. Este proceso se puede explicar por medio de la ecuación de difusión, donde la condición de contorno varía a medida que avanza el frente de reticulado [5]. En este trabajo se resolvió analíticamente la ecuación de difusión con una condición de contorno que varía proporcionalmente a la cantidad de iones calcio que llegan al contorno. Esto se realizó para condiciones de contorno planas (donde se obtuvo la tasa de reticulación de los andamios,  $K$  (mm.s<sup>-1</sup>) y cilíndricas, mientras que en Chavez et al. se resuelve la ecuación con condiciones de contorno esféricas.

Se obtuvo una ecuación que calcula el radio de penetración del reticulante en función del tiempo para condiciones de contorno cilíndricas y se comparó con la reticulación de cilindros reales de Alg-Gel-Hial por medio de análisis de los videos, donde se vio que la ecuación obtenida analíticamente representa satisfactoriamente los datos medidos. Además, se realizó un código en Python que simula el comportamiento del frente de difusión del reticulante en 3D para una relación de penetraciones y condiciones de contorno con radios de curvatura de 4:1.5, que implementa la tasa de reticulación

de los andamios,  $K$  (mm.s<sup>-1</sup>). Se evaluó el código para andamios genéricos en 2D, comparando el tiempo medido que tarda en reticular con el tiempo que arroja la simulación, obteniendo tiempos similares.

- [1] J.K. Carrow et al., Chapter 13 ? Polymers for Bioprinting, Elsevier Inc., 2015.
- [2] C.F. Guimarães et al., Nat. Rev. Mater. 5 (2020) 351?370.
- [3] T. Pan et al., J. Mater. Sci. Technol. 32 (2016) 889?900.
- [4] W. Schuurman et al., Macromol. Biosci. 13 (2013) 551?561.
- [5] M.S. Chavez et al., J. Food Sci. 59 (1994) 1108?1110.

## MB-12 Efectos de obstáculos en descarga de silos

Gonzalez D<sup>1 2</sup>, Madrid M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad Regional La Plata - Universidad Tecnológica Nacional

<sup>2</sup> INSTITUTO DE FISICA DE LIQUIDOS Y SISTEMAS BIOLÓGICOS

Los materiales granulares son, después del agua, los más utilizados en la industria. Se calcula que el 10% de la energía producida en el planeta, está dedicada al procesamiento de estos materiales. Según datos del Ministerio de agricultura, ganadería y pesca de la Nación Argentina la producción de trigo, maíz y soja de las últimas 5 campañas rondan las 125 millones de toneladas. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que entre el 10% y el 30% de los cereales cosechados se pierden por problemas de almacenamiento (como colapso de silos, atascos, etc.) o transporte (límites en la velocidad de llenado/vaciado, segregación, etc.). Comprender la dinámica de estos materiales repercute de manera directa en el ahorro o disminución de dichas pérdidas. En las últimas décadas, se ha observado cómo la inclusión de obstáculos en cercanías al orificio de salida puede favorecer la descarga de un silo y evitar los atascos [1-3], no obstante, estos estudios en general son realizados en silos 2D. En el presente trabajo se estudia mediante simulaciones tipo DEM cómo varía el caudal y la presión en el fondo para un silo 3D con dos tipos de obstáculos ubicados a diferentes alturas sobre el orificio de salida.

- [1] Tuzun et. al, Chemical Engineering Science Vol. 40. No. 3. pp. 337-351 (1985).
- [2] Zuriguel et. al, Physical Review Letters 107, 278001 (2011).
- [3] Endo et. Al, Physical Review Fluids 2, 094302 (2017).

## MB-13 Atascamientos de materiales granulares vibrados durante el flujo a través de pequeñas aberturas: Efecto de la frecuencia de vibración

Gazzano G D<sup>1</sup>, Montero J<sup>1</sup>, Gharat S H<sup>2</sup>, Pugnaroni L A<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de La Pampa*

<sup>2</sup> *Department of Chemical Engineering, Ghada Institute of Technology Level, Khed, Ratnagiri - 415708 India*

<sup>3</sup> *CONICET*

Los materiales granulares se definen como todos aquellos compuestos exclusivamente por granos o partículas independientes de tamaño macroscópico. Estos se presentan con mucha frecuencia en la industria ya sea como materia prima o como productos terminados. Cuando se hace fluir un material granular a través de un orificio existe una probabilidad de que se forme un arco, en torno al orificio, creando un atasco que interrumpe el flujo del material. Los arcos resultan ser estructuras estables y es necesario una intervención externa para romperlos. Un método de intervención comúnmente empleado es aplicar vibraciones. En el presente trabajo experimental se estudia el rol que ocupa la frecuencia de la vibración aplicada en la ruptura de los atascamientos. Para esto se realizaron experimentos de flujo y atasco de esferas confinadas en un silo cuasi-2D vibrado cuando éstas se descargan por un orificio pequeño. Se presentan resultados de la función de supervivencia de los atascos como función de la frecuencia de vibración, manteniendo constante la amplitud de la aceleración de vibración.

## **MB-14 Efecto de la regulación de carga en la adsorción del macropéptido de la caseína sobre un substrato cargado, un estudio computacional.**

Narambuena C<sup>1 2</sup>, Achettoni M<sup>1</sup>, Blanco P<sup>3</sup>, Baieli M F<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Facultad Regional San Rafael - Universidad Tecnológica Nacional*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL*

<sup>3</sup> *Department of Physical and Macromolecular Chemistry, Faculty of Science, Charles University, Czech Republic*

<sup>4</sup> *Instituto de Nanobiotecnología. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.*

El macropéptido de caseína (CMP) se encuentra en el suero dulce, el cual se obtiene de la coagulación de la leche con quimosina en la fabricación de queso. El CMP constituye el 20-25% de las proteínas totales en suero de leche y carece de aminoácidos aromáticos, por lo tanto, es un candidato interesante para ser utilizado como suplemento alimenticio para pacientes con fenilcetonuria (dificultad para metabolizar aminoácidos aromáticos).

Un método económico y simple (claves para la aplicación industrial) de purificación de CMP desde el suero lácteo es el uso técnicas cromatográficas con sustratos de quitosano. En la superficie del sustrato hay una cantidad significativa de grupos cargados, causando que el sustrato tenga una densidad de carga relevante. La interacción electrostática entre el CMP y el sustrato causa la adsorción de la proteína sobre el sustrato, consiguiendo así purificarla.

Estudios experimentales y teóricos recientes han demostrado que este glicomacropéptido no presenta una estructura definida en solución y pertenece a la familia de proteínas intrínsecamente desordenadas (IDPs). Esto permite el uso de modelos computacionales de grano grueso, que han demostrado ser capaces de reproducir fielmente experimentos de small-angle X-ray scattering y ellipsometría.

El objetivo de este trabajo es el estudio computacional de la absorción del CMP sobre un sustrato cargado, siguiendo una estrategia similar a la usada en estudios computacionales recientes para el estudio de la adsorción de polielectrolitos débiles sobre sustratos cargados. La estructura del CMP es representada mediante un modelo de grano grueso y se mide su adsorción sobre la superficie cargada mediante simulación Monte Carlo. Las interacciones electrostáticas del sistema y el equilibrio ácido-base de los grupos titulables del CMP. Este modelo computacional es capaz de capturar los aspectos físico-químicos fundamentales que gobiernan el proceso de absorción del CMP en el sustrato (interacciones electrostáticas, volumen excluido y regulación de la carga de los grupos ácido/base débiles del CMP). Esto permite estudiar, desde el punto de vista fundamental, la influencia de factores como el pH, concentración de sal y densidad de carga superficial del sustrato en la adsorción de CMP.

Se realizaron estudios a diferentes concentraciones de sal (1 mM, 10 mM, y 100 mM) en un amplio rango de pH. Se analizó en primera instancia la carga del glicomacropéptido aislado, y se encontró que este se ve afectado por la concentración de sal. En presencia del sustrato cargado, la carga de titulación del aCMP presenta un punto isoeléctrico (pI) de aproximadamente 3,6 unidades de pH, dato coincidente con el marco teórico. En segunda instancia, se estudió la formación del complejo glicomacropéptido-sustrato. Para sustratos cargados negativamente el aCMP fue adsorbido solo en condiciones de pH por encima del pI. A su vez, la cantidad de glicomacropéptido adsorbido se incrementa al aumentar la carga del sustrato o disminuir la concentración del sustrato. Mientras que, para sustratos cargados positivamente, se observa que disminuir la concentración de sal o aumentar la carga causa que el aCMP se absorba a niveles de pH más bajos, llegando a adsorberse en ambos lados de su pI.

**MB-15** **Distribuciones de velocidad en un acelerador de micropartículas con pistola de gas. Aplicado a impactos balísticos sobre films de PDMS.**

Barrios S, Lance P<sup>1</sup>, Abate A<sup>1</sup>, Piqueras M<sup>1</sup>, Vega D<sup>1</sup>, Satti A<sup>2</sup>, Gómez L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física del Sur - Universidad Nacional del Sur*

<sup>2</sup> *Instituto de Química del Sur - Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca*

### Resumen:

El impacto de proyectiles sobre materiales blandos, produce la formación de una onda de choque, lo que causa deformaciones plásticas muy rápidas, y conduciendo a que el mismo trabaje largamente fuera del límite elástico (flujo plástico) [1-2]. Aunque en principio se tiende a pensar que los materiales duros, son mejores a la hora de diseñar materiales que soporten las condiciones del impacto, esto no necesariamente es cierto ya que hay aplicaciones donde la baja densidad y transparencia son relevantes. Es por esto que en los últimos años se ha empleado a los polímeros como materiales blandos, observándose que muestran una gran resistencia al impacto que puede ser comparable a la de materiales convencionales como metales o cerámicos [3-6].

Este comportamiento mostrado por los polímeros se considera es debido a su gran capacidad de disipación de la energía, que le provee la combinación de moléculas que poseen dominios rígidos (vítreos o cristalinos), y dominios blandos (amorfos), y que resultan ideales para atenuar las ondas de choque producto del impacto [4]. Estas dos propiedades, combinadas con los detalles del cambio en la conformación molecular, mediante una variación del ángulo de enlace a lo largo de la cadena principal, proporcionan al sistema polimérico un amplio espectro de tiempos de relajación característicos asociados a movimiento moleculares específicos [7], y describiendo la relación estructura-propiedad de los polímeros, que es crucial para disipar la energía del impacto con una cierta velocidad de deformación.

En este trabajo, construimos y caracterizamos un acelerador de micropartículas del tipo pistola de gas ligeros de una sola etapa, LGG, donde un gas presurizado se expande e impulsa partículas al abrir una válvula solenoide. Este dispositivo experimental permite la aceleración de micropartículas de distintos diámetros, en nuestro caso seleccionamos los diámetros de 69  $\mu\text{m}$ , 128  $\mu\text{m}$  y 231  $\mu\text{m}$ , por la expansión rápida de un gas de bajo peso molecular, como el nitrógeno. Aquí, estudiamos cómo varía la distribución de la velocidad de las partículas, debido a varios factores, como cambios en el diámetro de las partículas o aumentos en la presión en el reservorio del gas, así como también la combinación del cambio de la composición química con la disminución en el espesor del diafragma que soporta las partículas. Por otro lado, realizamos impactos de estos microproyectiles sobre muestras de films de PDMS a distintos valores de

presión, 300, 700 y 1000 psi. Esto nos permitió comparar los daños encontrados en el material luego de los distintos impactos, a través de reconstrucciones 3D hechas desde microscopia confocal.

- [1] J.A. Zukas. High Velocity Impact Dynamics, Wiley (1990).
- [2] M.A. Meyers. Dynamic Behavior of Materials, Wiley (1994).
- [3] B. Arman, A. S. Reddy, y G. Arya, Macromolecules 45, 3247 (2012).
- [4] J. Lee, J. P. Singer, M. Retsch, G. Saini, T. Pezeril, K. A. Nelson, y E. L. Thomas. Nat. Commun. 3, 1164 (2012).
- [5] R. G. Barsoum (ed.) Elastomeric Polymers with High Rate Sensitivity. Applications in Blast, Shockwave, and Penetration Dynamics, Elsevier (2015).
- [6] E.L. Thomas et al. Opportunities in Protection Materials Science and Technology for Future Army Applications. Report No. Natl Res. Council Report (2011).
- [7] Holzmüller, W. (1978). Molecular mobility, deformation and relaxation processes in polymers. In Polymer Chemistry (pp. 1-62). Springer, Berlin, Heidelberg.

## **MB-16 Efecto del proceso de extrusión en la transparencia y en las propiedades mecánicas de películas de mezclas de almidón-PVA**

Gomez Bachar L J<sup>1</sup>, Vilcovsky M<sup>1</sup>, Iacovone C<sup>1</sup>, Quintero L<sup>1</sup>, Goyanes S<sup>1</sup>, Famá L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, Dep. de Física. IFIBA-CONICET. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.*

Los materiales biodegradables han surgido en las últimas décadas como una posible alternativa para el reemplazo parcial de los plásticos derivados del petróleo. En particular, en el sector de envases alimentarios se destina un importante porcentaje de plásticos de un solo uso que tardan años en degradarse para múltiples aplicaciones. La búsqueda de posibles soluciones a esta problemática ha sido de gran interés científico-tecnológico en las últimas décadas. En particular, los materiales a base de almidón han demostrado ser

prometedores a la hora de desarrollar películas termoplásticas con posibles aplicaciones en envases de alimentos ya que son económicos y poseen rápida biodegradabilidad [1]. En este contexto, el almidón de mandioca, de rica producción en Argentina y apto para las

personas con celiaquía, ha sido foco de estudio por generar películas transparentes y oleofílicas. Sin embargo, su aplicación en esta área se ve limitada por sus escasas propiedades mecánicas.

La mezcla de almidón con otro polímero como el PVA (ácido polivinílico), también biodegradable, de alta transparencia y buena formación de películas, ha sido estudiada desde hace años, mostrando mejoras en la resistencia mecánica respecto de un la película de almidón [2]. Sin embargo, hasta el momento, son pocos los trabajos que emplean técnicas escalables, como la extrusión, para su fabricación. Una de las posibles causas es que ambos componentes tienen distintas temperaturas de proceso, variando entre 100-140 °C en el caso de las películas termoplásticas de almidón [3] y entre 170-180 °C para el PVA [4].

Nuestro trabajo consistió en evaluar el efecto de las variables de proceso y de la incorporación de diferentes concentraciones de PVA en las propiedades ópticas y mecánicas de películas de mezclas de almidón-PVA elaboradas por extrusión. Para ello, se

fabricaron películas de almidón-PVA en concentraciones 100:0, 90:10, 80:20 y 70:30, empleando la técnica de extrusión con diferentes perfiles de temperatura. Los resultados

mostraron que para concentraciones de hasta un 20% de PVA con el empleo de un perfil de temperaturas similar al usado frecuentemente para películas de almidón, conduce a

materiales más homogéneos, con alta transparencia y con mejoras en la resistencia mecánica.

[1] R Ceballos et al, Carbohydr. Polym. 261 (2021) 117871

[2] CA Gómez-Aldapa et al, Mater. Chem. Phys. 239 (2020) 122027

[3] P González Seligra et al, Starch 74 (2022) 2100080

[4] CiYu Polymer (2022) <http://spanish.pvawatersolublebag.com/sale-13217277-45-microns-marble-release-pva-water-soluble-film.html>

**MB-17 Dinámica de hidrogeles y compositos hidrogel-nanopartícula estudiada mediante Espectroscopía**

## de Correlación de Rayos-X (XPCS). Primeros experimentos.

Picco A<sup>1</sup>, Villares M<sup>1</sup>, Pizarro L<sup>1</sup>, Müller M<sup>2</sup>, Rafti M<sup>1</sup>, Ceolin M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas, CONICET y Universidad Nacional de La Plata*

<sup>2</sup> *Institut für Theoretische Physik, Uni-Göttingen, Germany*

Los materiales blandos (soluciones poliméricas, surfactantes, soluciones coloidales, geles, etc.) presentan complejos comportamientos dinámicos en una amplia escala de tiempos y longitudes. No es inusual que estos materiales se comporten como sólidos a escalas macroscópicas mientras que presenten fluidez a escalas nanométricas o que se comporten como fluidos en períodos largos de tiempo o se comporten como sólidos elásticos en escalas de los milisegundos.

Así, el comportamiento dinámico de los materiales blandos es la consecuencia de una organización estructural con varios niveles jerárquicos y con un balance sutil entre las contribuciones entrópicas y entálpicas a la energía libre del sistema (determinadas por las variables termodinámicas del sistema).

En el caso particular de geles poliméricos y composites gel-nanopartícula, es posible identificar varias escalas de longitud características (tamaño de los monómeros, distancia de entrecruzamiento, tamaño de posibles cadenas pendientes, etc.) más aún, la incorporación de nanopartículas introduce además el tamaño de las mismas entre las escalas características del sistema.

Además de potenciales abordajes teóricos que permitan predecir la estructura y la dinámica de un gel polimérico, existen diversos métodos experimentales que permiten obtener estas informaciones. Así, métodos de dispersión de rayos-X y neutrones permiten obtener información estructural, mientras que técnicas reológicas brindan información sobre la dinámica del sistema a frecuencias de hasta 1 KHz. Existen sin embargo un conjunto de métodos basados en el estudio de la evolución temporal del patrón de interferencia de un haz de radiación coherente cuando este atraviesa un material. Estos métodos, conocidos como espectroscopías de correlación de fotones (PCS) tienen su ejemplo más conocido en la dispersión dinámica de luz (DLS) que permite obtener información sobre procesos de relajación en escalas de tiempo entre 1ms y 10 s explorando la escala espacial de varios micrones (dependiendo de la longitud de onda utilizada y el ángulo de observación). Un método que ha comenzado a tener mayor difusión en los últimos años es la técnica de espectroscopía de correlación de fotones de rayos-X (XPCS) que aprovecha la gran longitud de coherencia y alto brillo de las fuentes de luz sincrotrón de 4ta generación para obtener la función de autocorrelación temporal de la intensidad de dispersión,  $G_2(t)$ . Esta función permite

determinar los tiempos de relajación característicos de las fluctuaciones de dispersión y, a partir de ellos determinar la dinámica del sistema. Más aún, la posibilidad de detectar la dispersión mediante detectores de área permite corregir efectos no-ergódicos de la muestra, así como obtener  $G_2(t)$  para diferentes valores de  $q=2\pi/L$ , siendo  $L$  una longitud característica del sistema.

En este trabajo presentaremos los resultados obtenidos a partir de experimentos XPCS realizados en la línea CATERETE del laboratorio SIRIUS (LNLS-CNPEN, Campinas, Brasil) en hidrogeles de 2-hydroxyethyl methacrylate entrecruzados con Di(ethylene glycol) dimethacrylate (en concentraciones entre 0.1 y 1

Hasta donde los autores tienen conocimiento, se trata del primer reporte de experimentos XPCS realizados utilizando las instalaciones de CATERETE (proposal 20220451). Agradecemos la colaboración y hospitalidad de la Dra. Aline Ribeiro Passo y el Dr. Florian Meneau durante el desarrollo del proyecto.

## MB-18 **Análisis de los parámetros de movilidad de bacterias de suelo en microdispositivos artificiales**

Monteiro Pires M<sup>1</sup>, Carrillo J P<sup>1</sup>, Gutiérrez N J<sup>2</sup>, Lodeiro A<sup>3 4</sup>, Cordero M L<sup>1</sup>, Marconi V J<sup>2 5</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile*

<sup>2</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>3</sup> *Instituto de Biotecnología y Biología Molecular -Facultad de Ciencias Exactas, UNLP-CONICET*

<sup>4</sup> *Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.*

<sup>5</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola (IFEG) - CONICET, Córdoba, Argentina.*

El uso de bacterias como biofertilizantes es una práctica ampliamente utilizada en los cultivos de leguminosas, particularmente en soja [1]. La bacteria de suelo *Bradyrhizobium diazoefficiens* es de las más utilizadas debido a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con los cultivos inoculados. Sin embargo, existen aún muchas incógnitas respecto a su movilidad en el suelo y su eficacia como fertilizante [2]. En este trabajo estudiamos dos cepas de *B. diazoefficiens*, USDA 110 (*Wild Type, WT*), la cual posee dos sistemas flagelares, un flagelo subpolar grueso y un conjunto de flagelos laterales finos y USDA 110  $\Delta lafA$ , la cual sólo cuenta con el flagelo subpolar. A diferencia de la paradigmática *E. coli* además de correr y tumbar (*run and tumble*) estas bacterias realizan movimientos llamados *run and reverse* y *run, reverse and flick* [3], características que cuantificamos extensivamente. La incógnita actual

es entender el rol de cada sistema flagelar en su movilidad por lo cual realizamos estudios bajo condiciones de confinamiento *in vitro*.

Con este objetivo diseñamos y fabricamos dispositivos tipo *Lab on a chip* (LOC) a modo de imitar la estructura intrincada de un suelo y poder así estudiar su movilidad microconfinada. Estos LOCs consisten en un conjunto de obstáculos o "islas" los cuales forman canales con un ancho medio característico bien definido. Los parámetros de movilidad (velocidad media e instantánea, tiempo característico de reorientación y ángulos de reorientación) fueron medidos y caracterizados detalladamente tanto en la entrada (libre de obstáculos) así como dentro de los canales. En particular, fabricamos tres dispositivos con canales de un ancho de 20  $\mu\text{m}$ , 10  $\mu\text{m}$  y 5  $\mu\text{m}$ . Todas las mediciones fueron obtenidas a través del uso de nuestro software de seguimiento [4], permitiéndonos obtener por primera vez miles de mediciones en cada dispositivo con alta precisión. Fuera de confinamiento, las bacterias de tipo *WT* presentan una velocidad media mayor que la cepa mutante, sin embargo, a medida que aumenta el confinamiento las distribuciones de velocidades se vuelven cada vez mas similares, lo cual nos lleva a la conclusión de que el confinamiento restringe la acción de los flagelos laterales.

[1] *Microbiología Agrícola: Un aporte de la investigación en Argentina*. Magna Publicaciones (2013).

[2] *Interrogantes en la tecnología de la inoculación de semillas de soja con Bradyrhizobium spp.* Aníbal R. Lodeiro; Revista Argentina de Microbiología Vol. **47**, 261 (2015).

[3] *Swimming performance of Bradyrhizobium diazoefficiens is an emergent property of its two flagellar systems.* J. I. Quélas, M.J. Althabegoiti, C. Jimenez-Sanchez, A.A. Melgarejo, V.I. Marconi, E. J. Mongiardini, S.A. Trejo, F. Mengucci, J.J. Ortega-Calvo and A.R. Lodeiro. *Sci. Rep.* **6**, 23841, Nature Editorial (2016).

[4] *Un Algoritmo Modular para el Seguimiento de Partículas en Videos de Microscopía.* Jorge A. Sánchez, Pedro A. Pury y V.I. Marconi; *Mecánica Computacional XXXIV*, 3443-3450 (2016). Jorge A. Sánchez. Biotracker (software libre), FaMAF-UNC (2021).

## MB-19 Dinámica espermática animal y sus aplicaciones

Grisanti P<sup>1</sup>, Pulgar E<sup>2,3</sup>, Marconi V I<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Facultad de Medicina, Universidad de Chile*

<sup>3</sup> *Centro de Informática Médica y Telemedicina - Chile*

<sup>4</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía y Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba & IFEG-(UNC-CONICET)*

Las investigaciones pioneras de la física en dinámica espermática fueron realizadas en animales tales como erizo de mar, ratón, toro, caballo, conejo y en humanos. De estos últimos hay mayor conocimiento pero poco ha sido aplicado a otras especies, en particular a peces.

A pesar de que la selección de esperma de buena calidad es esencial para el proceso de reproducción en la acuicultura, los métodos utilizados para este proceso son todavía básicos y subjetivos. Con la física de la materia activa es posible contribuir con un modelo más objetivo y específico para la caracterización de la calidad del esperma, abriendo un amplia área interdisciplinaria con aplicaciones a la producción de alimentos sustentables.

En la actualidad hay poco registro de los parámetros de movilidad de los espermatozoides de peces. Además los valores observados en previos estudios son generales y únicamente para tiempos arbitrarios. En el caso específico de espermatozoides de salmónidos, nuestro objeto de estudio, tienen un tiempo de vida extremadamente corto de alrededor de 30 segundos y velocidades altas comparadas con los espermatozoides de humanos que tienen una vida media de aproximadamente 48 horas y con una velocidad media de  $40 \mu\text{m}/\text{s}$ . En este trabajo numérico y experimental realizamos un estudio amplio y detallado que incluye tanto la morfología y tamaño de la cabeza del espermatozoide como ciertos parámetros de movimiento. Con el mismo elaboramos un modelo realista que describe su dinámica para todo tiempo.

Algunos parámetros que se utilizan para cuantificar la calidad del esperma en humanos son *average path velocity* (VAP), *amplitude of lateral head displacement* (ALH) y *beat cross frequency* (BCF). Medimos los mismos durante todo el tiempo de vida de los espermatozoides de cierta cepa de Salmón Atlántico (*Salmo Salar L.*), utilizando una cámara de 200 fps y nuestro Biotracker [1] desarrollado especialmente para micronadadores. Se observa que la velocidad media comienza en valores alrededor de  $250 \mu\text{m}/\text{s}$ , para luego decaer rápidamente en el tiempo a una razón de aproximadamente  $10 \mu\text{m}/\text{s}$  (por segundo). Dicho decaimiento podría relacionarse con la disminución de su actividad biológica, que se advierte en los cambios de los parámetros de movimiento.

Finalmente, contrastamos las mediciones experimentales con simulaciones de pobla-

ciones de espermatozoides realizadas con dinámica de Langevin, comparando sus trayectorias y propiedades de transporte.

[1] Jorge A. Sánchez. Biotracker (soft libre), 2021, FaMAF-UNC, Córdoba, Argentina.

## MB-20 Espermatozoides humanos: modelado de su dinámica en canales con confinamiento extremo

Palacio M<sup>1</sup>, Bettera Marcat M<sup>1 2</sup>, Banchio A J<sup>1 2</sup>, Marconi V<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

Mediante un modelado realista y geometrías asimétricas eficientes nuestro grupo ha logrado por primera vez un ratchet-espermático [1]. Estos dispositivos microfluídicos permiten seleccionar células y se pueden emplear para miniaturizar y mejorar análisis y tratamientos de fertilidad [1-5]. Dentro de estos dispositivos, al transitar los múltiples canales que los constituyen, las células se encuentran ultraconfinadas, le llamamos ultra porque las dimensiones del confinamiento son muy pequeñas, del orden del tamaño celular. Las cabezas de los espermatozoides son aproximadamente de  $4 \times 8 \times 1 \mu m^3$  y su longitud, incluido su flagelo es de 40 a 60  $\mu m$ .

Los espermatozoides nadan cabeceando y principalmente en cercanías de las paredes. Por lo tanto se concentran en los bordes dejando el interior de los canales más despoblado.

Para proponer la fabricación de dispositivos que logren el flujo eficiente de células necesarias para medicina reproductiva [1-5] es necesario modelar y caracterizar la dinámica ultraconfinada. Es conveniente diseñar regiones donde predominen las superficies sobre el volumen, es decir, los canales estrechos son más convenientes, pero a su vez confinamientos extremos pueden inducir problemas para el tránsito de espermatozoides debido a interacciones entre ellos y el aumento local de la densidad que supone el ultraconfinamiento.

Observamos que para anchos de canal mayores a dos diámetros celulares, la acumulación de espermatozoides cercanos a las paredes presenta una región de mayor densidad relacionada con la amplitud de su cabeceo, y al disminuir el ancho del canal, la distribución se homogeneiza.

Además la distribución de células es heterogénea a lo largo del canal.

La distribución en el medio del canal la encontramos descorrelacionada de la entrada y salida para largo mayores a cincuenta diámetros celulares (250  $\mu m$ ).

Estos resultados junto a sus variaciones en función de la densidad de la muestra evidencian ser prometedores según las necesidades de microfabricación en serie de innovadores Lab on Chip para reproducción humana.

[1] *Geometrical guidance and trapping transition of human sperm cells*, A. Guidobaldi, Y. Jeyaram, I. Berdakin, V. V. Moshchalkov, C. A. Condat, V. I. Marconi, L. Giojalas, and A. V. Silhanek  
Phys. Rev. E **89**, 032720 (2014). Doi:10.1103/PhysRevE.89.032720

[2] *corrugation Disrupting the wall accumulation of human sperm cells by artificial corrugation*,

H. A. Guidobaldi, Y. Jeyaram, C. A. Condat, M. Oviedo, I. Berdakin, V. V. Moshchalkov, L. C. Giojalas, A. V. Silhanek, and V. I. Marconi. *Biomicrofluidics* **9**, 024122 (2015). Doi:10.1063/1.4918979

[3] *Hitting the wall: Human sperm velocity recovery under ultra-confined conditions*, M. A. Bettera Marcat, M. N. Gallea, G. L. Miño, M. A. Cubilla, A. J. Banchio, L. C. Giojalas, V. I. Marconi, and H. A. Guidobaldi, *Biomicrofluidics* **14**, 024108 (2020). Doi:10.1063/1.5143194. Sci.Light 2020. Doi:10.1063/10.0001078

[4] *Microfluidics for sperm analysis and selection*, Nosrati, et. al. *Nat Rev Urol*, **14**(12) 707-730 (2017). Doi:10.1038/nrurol.2017.175

[5] *Guidance and Self-Sorting of Active Swimmers: 3D Periodic Arrays Increase Persistence Length of Human Sperm Selecting for the Fittest*, Chinnasamy, et. al. *Adv. Sci.* (2018), **5**, 1700531. Doi:10.1002/adv.201700531

## MB-21 Estudio de modelos biológicos multicelulares de interés evolutivo.

Guzmán L<sup>1</sup>, Miño G L<sup>2 3</sup>, Banchio A J<sup>1 4</sup>, Marconi V I<sup>1 4</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Laboratorio de Microscopía Aplicada a Estudios Moleculares y Celulares (LAMAE), Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Entre Ríos (FIUNER)*

<sup>3</sup> *Instituto de Investigación y Desarrollo en Bioingeniería y Bioinformática (IBB) - CONICET - UNER*

<sup>4</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

El estudio del microorganismo unicelular coanoflagelado es un tema de gran interés por su estrecho vínculo con la evolución animal, en particular nuestra especie de estudio, la *Salpingoeca Rosetta*. Bajo determinadas condiciones ambientales, que pueden ser replicadas en cultivos in vitro, conviven dos poblaciones con morfología y dinámica

de nado muy distintas: micronadadores lentos y grandes con micronadadores rápidos y pequeños. Estos coanoflagelados, como indica el nombre, poseen un collar o cono de microvellosidades que rodean a un único flagelo el cual constituye su motor de autopropulsión. El tamaño del collar también es distintivo entre nadadores rápidos y lentos.

Es un desafío actual estudiar estas células autopropulsadas de manera separada, dado que la falta o disminución de nutrientes promueve la fusión celular de gametas o células sexuales y se desconoce si existe alguna tendencia de cada micronadador específico a ser un tipo de gameta particular [1]. El estudio de su dinámica de transporte dirigido puede ayudarnos a separar ambas poblaciones [2]. Para ello propusimos y simulamos con dinámica de Langevin un dispositivo rectangular microfluidico de  $3 \times 6 \text{ mm}^2$  con micro-obstáculos asimétricos  $N_o=[2-20]$ . Nuestro objetivo fue analizar la rectificación,  $r$ , para distintos set de parámetros, algunos poco posibles de fabricar en el laboratorio, contribuyendo así más allá de la complejidad y costo del trabajo que esto implica. A su vez nos permitió cuantificar la asimetría dando como conclusión que a medida que ésta se pierde con el  $N_o$  creciente, la rectificación de los coanoflagelados rápidos disminuye un 47% con respecto al valor más alto  $r \sim 3.6$ . Mientras que para los micronadadores lentos como máximo se llega a un  $r=1.3$ , ventajosamente en un tiempo mucho mayor. Éste va creciendo aproximadamente de 5 horas a 20 hrs con  $N_o$ , ofreciendo experimentalmente una cómoda ventana temporal de trabajo para extraer una población con pureza del 100% de coanoflagelados rápidos, el cual era nuestro objetivo. Este resultado teórico contrastado con experimentos es una gran mejora frente a previas estimaciones [2].

[1] *Evidence for Sex and Recombination in the Choanoflagellate Salpingoeca rosetta*. T. C. Levin, N. King; *Current Biology*, **23**, 2176 (2013). DOI: 10.1016/j.cub.2013.08.061.

[2] *Solitary choanoflagellate dynamics and microconfined directed transport*. J. Sparacino, G. Miño, A.J. Banchio, V.I. Marconi; *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **53**, 505403 (2020). DOI: 10.1088/1361-6463/abb160.

## **MB-22** Estudio de la formación de memoria molecular de corta duración y su impacto en la toma de decisiones celulares.

Sanchez P<sup>1</sup>, Sevlever F<sup>1</sup>, Ventura A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Fisiología Biología Molecular y Neurociencias, CONICET-UBA*

Los organismos vivos pueden recordar experiencias previas y ajustar sus comportamientos a situaciones futuras. Esta capacidad de un sistema de modificar su respuesta ante un mismo estímulo dependiendo de la historia es conocida como memoria. En sistemas biológicos, esta idea puede entenderse como una respuesta celular sostenida a estímulos transitorios.

Existen ciertas configuraciones que pueden llevar a la formación de memoria en señalización celular. En este trabajo se presenta un estudio computacional en el cual se proponen diversos modelos que corresponden a sistemas biológicos con la capacidad de presentar memoria en señalización, ya sea permanente (biestabilidad no reversible) o transitoria (biestabilidad reversible u oscilaciones). Se realizan barridos en el espacio de parámetros de cada sistema y se desarrollan métodos específicos para identificar sistemas con comportamientos biestables basados en la caracterización de la histéresis propia de las curvas dosis-respuesta que presentan los sistemas con este tipo de comportamientos.

Se proponen maneras de cuantificar dicha memoria en cada caso, obteniéndose formas de clasificar a los sistemas como con/sin memoria y se obtiene una noción de la cantidad de memoria en los sistemas presentados.

## **MB-23 Estudio in silico sobre el rol de la conectividad intramolecular en la formación de orden a nivel nanoscópico en un modelo de esferas.**

Uranga V<sup>1</sup>, Balbuena C<sup>1</sup>, Soulé E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales, CONICET-UNMdP*

Actualmente existe un gran interés en los materiales funcionales cuyas propiedades macroscópicas pueden ser controladas manipulando los diferentes grados de ordenamientos a nivel nanoscópico.

Este ordenamiento del material puede estar condicionado por la conectividad intramolecular, la cual impide una separación de fases macroscópica y dando como resultado un orden a escala nanométrica. Un ejemplo de este tipo de materiales lo constituyen los copolímeros de bloque, en donde las cadenas poliméricas de este material se ensamblan bajo ciertas condiciones formando diferentes mesofases (lamelar, hexagonal, giroide, etc), en donde la mesofase resultante es principalmente condicionada por la proporción de cada bloque.

En este trabajo se realizaron simulaciones de Dinámica Molecular en un modelo de grano grueso que consiste en una mezcla binaria de partículas esféricas que interac-

túan a través de un potencial no direccional y que produce mesofases al igual que los copolímeros en bloque. Manteniendo la proporción de cada tipo de partícula, se caracterizaron las transiciones orden-desorden mediante redes neuronales para sistemas que presentan diferentes grados de conectividad, variando además la naturaleza de esta conectividad, esto es variando la energía potencial asociada a cada enlace. Los resultados preliminares de las simulaciones muestran que se presentan cambios en los mecanismos de formación de las mesofases manipulando el grado y tipo de conectividad del sistema. Estos resultados contribuyen a comprender el rol de la presencia de enlaces intramoleculares en los mecanismos de autoensamblado y formación de mesofases para poder controlar la formación de una fase objetivo de interés y por ende su funcionalidad.

## MB-24 Evaluación antibacteriana de nano y microestructuras de ZnO obtenidas por sol-gel

Perez de Nucci V<sup>1 2</sup>, Alvarez GImenez J<sup>3 2</sup>, Saravia M<sup>3 2</sup>, Marin-Ramirez O<sup>4</sup>, Figueroa C M<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Biomateriales, Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Tucumán

<sup>2</sup> LABOFOUNT - Laboratorio de Biología Oral Facultad de Odontología UNT.

<sup>3</sup> Catedra de Microbiología y Parasitología, Facultad de Odontología UNT

<sup>4</sup> Nanoproject- LNPd, INFINOA (CONICET-UNT), Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán

<sup>5</sup> Laboratorio de Física del Sólido, INFINOA (CONICET-UNT), Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán

En diversas especialidades de odontología se investiga el desarrollo de recubrimientos basados en nanopartículas de ZnO por su actividad antibacteriana. En este estudio se reportan resultados preliminares obtenidos con nanoestructuras y microestructuras de ZnO. Se obtuvieron 4 muestras sintetizadas mediante el método sol-gel usando acetato de zinc di-hidratado como precursor de Zn<sup>2+</sup> y dietanolamina como agente alcalino, evaluando su efecto con el uso de diferentes solventes 1-agua, 2-metanol, 3-etanol 4-isopropanol sobre las propiedades físicas de las muestras obtenidas. La morfología de las mismas fue caracterizada a través de microscopía de barrido electrónico (SEM), las propiedades ópticas y estructurales fueron estudiadas mediante espectroscopía de fotoluminiscencia (PL) y espectroscopía microRaman, respectivamente. A su vez, mostraron una emisión de luz típica del ZnO, observándose un leve ensanchamiento de la señal UV con el uso de alcoholes como solventes. Todas las muestras analizadas por microRaman crecieron con estructura típica de la wurtzita.

La acción antibacteriana de las 4 muestras de nanopartículas de ZnO, se estudió sobre:

*Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis* y *Staphylococcus aureus*, utilizando la técnica estándar de difusión en medio agar (BHI Agar), sembrando cada muestra por triplicado y utilizando como control positivo Clorhexidina y negativo agua destilada estéril. Se incubó a 37° C durante 48 horas y se realizó lectura de los halos de inhibición. La mayor acción inhibitoria de las 4 muestras fue para la cepa de *Enterococcus faecalis* con un halo promedio de 19,1mm, siendo la muestra 3-etanol la de mayor inhibición para todas las cepas bacterianas.

## MB-25 Evaluación y caracterización de microplásticos mediante microscopía de fuerza atómica y su efecto en renacuajos de *Scinax qualirostris*

Franco V G<sup>1 2</sup>, Attademo A M<sup>3 4</sup>, Cuzziol Boccioni A P<sup>3 4</sup>, Peltzer P<sup>3 4</sup>, Simoniello M F<sup>5</sup>, Passeggi(h) M C<sup>1 2</sup>, Ruano G<sup>6</sup>, Lajmanovich R C<sup>3 4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física del Litoral, CONICET-UNL

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral

<sup>3</sup> Laboratorio de Ecotoxicología, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (UNL)

<sup>4</sup> CONICET, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (UNL)

<sup>5</sup> Cátedra de Toxicología, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (UNL)

<sup>6</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

Los microplásticos (MP) son contaminantes emergentes críticos en todo el mundo. Existe un interés creciente por los efectos de la ingestión, la no digestión y la toxicidad de éstos en los organismos acuáticos [1,2]. Los renacuajos de anfibios son el grupo de vertebrados que menos atención ha recibido en relación con este tema. El objetivo del presente estudio fue determinar si efectivamente se da la ingestión de polietileno por renacuajos de *Scinax qualirostris* expuestos a estas partículas y evaluar las actividades de carboxilesterasa (CbE; utilizando  $\alpha$ -naftil butirato-NB-, y  $\alpha$ -naftilo acetato-NA- como sustratos) y fosfatasa alcalina (ALP). Los renacuajos fueron expuestos a dos tratamientos diferentes durante 10 días: un control negativo (CO, agua dechlorada) y MP (60 mgL<sup>-1</sup>). La microscopía de fuerza atómica (AFM) es una técnica de elección para la evaluación de muestras biológicas, debido a que la preparación de los films del material, no altera las estructuras presentes [3]. La presencia y caracterización morfológica de las partículas de MP en el contenido intestinal de los renacuajos, fue confirmada mediante AFM. Las actividades enzimáticas se analizaron espectrofotométricamente a los 2 y 10 días de exposición. Las imágenes de topografía y de fase de AFM del contenido digestivo de los renacuajos revelaron la presencia de MP y el cambio en las propiedades viscoelásticas del contaminante. Después de 10 días de exposición a MP, la actividad de CbE (NB) fue significativamente mayor y la

actividad de CbE (NA) fue significativamente menor en los tratamientos con MP que en los controles. Además, la actividad de ALP disminuyó en los tratamientos con MP después de 2 y 10 días de exposición. La detección de partículas MP en el contenido intestinal y los efectos sobre las enzimas metabólicas en una especie de rana común resaltan el riesgo potencial para la salud de los vertebrados acuáticos. Este estudio también destaca la importancia de cuantificar diferentes enzimas y sustratos para caracterizar la ecotoxicidad de las MP. Por lo tanto, las respuestas diferenciales tanto a nivel individual como de contaminantes demuestran la necesidad de considerar los efectos complejos de los contaminantes y nutrientes en los ecosistemas para la caracterización del riesgo ecotoxicológico.

[1] M Tussellino et al(2015). *Journal of Nanopart Research*, 17(2), 70

[2] A.J. Watts et al (2015). *Environmental Science and Technology*, 49(24), 14597

[3] P Eaton and P West (2010). *Atomic Force Microscopy*. Ed. Oxford University Press Inc., New York

## **MB-26 Implementación de agujas coaxiales en electrospinning para la fabricación de filtros de arsénico en agua hechos con nanofibras core-shell**

Sanchez Oyarbide F<sup>1</sup>, Borrazás C<sup>1</sup>, Trupp F<sup>1</sup>, Vergara Rubio A<sup>1</sup>, Torasso N<sup>1</sup>, Goyanes S<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos - Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires*

El arsénico es el principal contaminante en agua de Argentina y su remoción a bajo costo por debajo de niveles aceptables presenta un gran desafío tecnológico. Para resolver esto se han producido con éxito membranas capaces de remover arsénico, basadas en la inmovilización de nanopartículas (NPs) de óxido de hierro dentro de nanofibras de poli(vinil alcohol) (PVA) mediante electrospinning.

La técnica de electrospinning es un método efectivo para la fabricación de membranas, compuestas por fibras de tamaño nanométrico a partir de una solución polimérica. Esta técnica consiste en expulsar dicha solución a través de una aguja conectada a alta tensión [1]. Con una correcta configuración de parámetros (caudal de inyección, voltaje, distancia entre las partes, etc) el polímero es expulsado en forma de jet conformando nanofibras (siendo estas últimas las implementadas para la remoción de arsénico). Sin embargo, la correcta formación de las nanofibras dependerá de características ambientales, como la humedad y la temperatura, y características propias de la solución polimérica, como la conductividad o la viscosidad. A la vez suele ser de interés añadir compuestos extras a la solución para modificar las propiedades de las membranas resultantes y diversificar sus usos, como por ejemplo agregar nanopartí-

culas de hierro como agente bactericida en aplicaciones biomédicas [2], o incorporar  $\text{SiO}_2$  y  $\text{MgO}$  para el filtrado de metales pesados como el  $\text{Pb(II)}$  y  $\text{Cu(II)}$  [3], entre otras. Sin embargo, aumentar la presencia de estos compuestos suelen alterar la conductividad o la viscosidad de la solución volviendo más difícil, o imposible, alcanzar los parámetros óptimos para la formación de nanofibras.

El LP&MC ha logrado obtener membranas conteniendo 1 wt.% de NPs, para las cuales aproximadamente el 92% del coste de los materiales se debe al PVA mientras que el 8% a las nanopartículas y siendo estas últimas las encargadas del filtrado. Por ende es de interés aumentar la concentración en masa de NPs sobre PVA para reducir (directamente) la cantidad de material y tiempo necesarios para la fabricación. En aras de aumentar el contenido de nanopartículas y así reducir el costo de material y el tiempo de fabricación, en este trabajo se explora una modificación a la técnica la cual consiste en implementar agujas coaxiales a las cuales se les inyecta, en el tubo interno, la solución más compleja (core) y, en el tubo externo, otra solución sin compuestos y mucho más fácil de electroestirar (shell) de modo que el shell conforme las nano-fibras y estas encapsulen al core [4], pudiendo así electroestirar soluciones que en un principio no sería posible [4]. En este caso se prepararon 2 soluciones, el shell con un 12% de PVA y sin NPs, y el core con 4% de PVA y 20% de NPs, resultando así en una membrana con un 2 wt.% en solución. Fue posible formar las nano-estructuras (observadas por SEM) obteniendo fibras de  $(137 \pm 5)$  nm de diámetro, a la vez que había una menor presencia de manchas pero mayor de beads comparadas con la versión de aguja simple [5]. Por último se destaca que para esta concentración son apreciables manchas oscuras dentro de las fibras, asociadas a la presencia de nanopartículas en abundancia y evitando su dispersión al ambiente tanto o más que el método tradicional.

#### Referencias:

[1] Duque et al, Electrospinning: The Nanofibers Age, Revista Iberoamericana de Polímeros, B 14, 1, (2013).

[2] A.F.Lubambo et al, Tuning  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticle dispersion through pH in PVA/guar gum/electrospun membranes, Carbohydrate polymers, B 137 (2015) 775-783

[3] Chonghe Xu et al, Electrospun  $\text{SiO}_2$ - $\text{MgO}$  hybrid fibers for heavy metal removal: Characterization and adsorption study of  $\text{Pb(II)}$  and  $\text{Cu(II)}$ , Journal of Hazardous Materials, B 381, (2020).

[4] B. Pant et al, Drug Delivery Applications of Core-Sheath Nanofibers Prepared by Coaxial Electrospinning: A Review, Pharmaceutics, 11, 7, (2019).

[5] N. Torasso et al, Enhancing arsenic adsorption via excellent dispersion of iron oxide nanoparticles inside poly(vinyl alcohol) nanofibers, *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9, 1 (2021): 104664.

## MB-27 **Influencia del citoesqueleto en los cambios morfológicos de mitocondrias en células vivas**

Fernández Casafuz A B<sup>1</sup>, De Rossi M C<sup>2</sup>, Bruno L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Cálculo, FCEN, CONICET-UBA*

<sup>2</sup> *Departamento de Química Biológica, FCEyN, UBA, IQUBICEN, UBA/CONICET*

Las mitocondrias son organelas que desempeñan diversas funciones y participan en numerosos procesos celulares. Estas organelas cambian de manera dinámica su distribución, forma y tamaño pudiendo organizarse como redes interconectadas o entidades aisladas, dependiendo del estado y tipo celular. Recientemente, el citoesqueleto ha emergido como uno de los principales agentes involucrados en la remodelación de la red mitocondrial. Sin embargo, aún se requieren estudios exhaustivos que exploren la dinámica de los cambios morfológicos de las mitocondrias en su entorno natural.

En este trabajo estudiamos la morfología de mitocondrias marcadas con una sonda fluorescente roja en células melanóforas vivas de *Xenopus laevis*, en condición control y afectando selectivamente las diferentes redes del citoesqueleto. En esta línea celular, los microtúbulos están marcados establemente con una proteína fluorescente verde, lo que nos permite registrar simultáneamente a estos filamentos junto con las mitocondrias utilizando microscopía confocal y de superresolución (Airyscan). A partir del análisis de las imágenes obtuvimos la distribución y morfología global de las mitocondrias y de la red de microtúbulos. También, recuperamos las coordenadas curvilíneas de cientos de mitocondrias individuales y analizamos su evolución temporal.

Observamos que la despolimerización de la red de actina mediante latrunculina o la disrupción de filamentos intermedios da lugar a mitocondrias con curvaturas menores. Por otro lado, en células tratadas con vinblastina, una droga que estabiliza la dinámica de los microtúbulos generando tensiones sobre los mismos, las mitocondrias tienen menor longitud. Finalmente, el tratamiento con concentraciones de nocodazol que despolimerizan parcialmente la red de microtúbulos, produce los mayores efectos sobre las mitocondrias, generando el colapso del condrioma hacia las regiones celulares en las que se encuentran los microtúbulos remanentes.

Nuestros resultados muestran que la dinámica espacial y temporal de las mitocondrias dependen de la integridad del citoesqueleto.

## MB-28 Membranas de poli(vinil alcohol) (PVA) con nanoadsorbentes para la descontaminación de arsénico en agua

Borrazás C<sup>1</sup>, Sánchez Oyarbide F<sup>1</sup>, Santos A<sup>2</sup>, Vergara Rubio A<sup>2,3</sup>, Torasso N<sup>1</sup>, Goyanes S<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos - Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, Dep. de Física. IFIBA-CONICET. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

<sup>3</sup> Universidad Nacional de San Martín

La presencia de arsénico en agua de consumo humano trae graves consecuencias en la salud. En Argentina se encuentran zonas donde se supera por 1000 veces la concentración límite estipulada por la Organización Mundial de la Salud. Una de las técnicas emergentes de remoción de este contaminante consiste en la adsorción con nanopartículas (NPs) de óxido de hierro [1], la cual se destaca frente a otras por su alta eficiencia y bajo costo. A pesar de ser un método efectivo, presenta la desventaja de dejar las NPs sueltas en el agua, teniendo que hacer un segundo tratamiento para lograr quitarlas. En este trabajo se mejora una forma de confinar estas NPs en membranas de nanofibras electroestiradas de poli(vinil alcohol) (PVA) [2]. Este método evita que las NPs migren al agua durante el proceso de adsorción mientras que maximiza su eficiencia impidiendo que se aglomeren, lo cual optimiza la relación superficie/volumen del adsorbente. La mejora aplicada a este proceso reside en que, en la solución que se electroestira, las NPs son sintetizadas in situ en el PVA, lo cual permite una buena dispersión de estas en la matriz y a su vez el polímero limita su crecimiento y su aglomeración. En particular, las membranas presentadas contienen un 1 wt.

Los ensayos muestran una capacidad de adsorción de  $(13 \pm 1)$  mg/g a una concentración inicial de 1500 ppb. Esta eficiencia estudiada con el PVA Sigma Aldrich Mowiol 10-98 es comparada con la de membranas fabricadas con el PVA Dupont Elvanol T-25, el cual tiene un costo 2000 veces menor y se obtiene a granel en el mercado local. El primero presenta un grado de hidrólisis del 98% y una viscosidad de 10 cP (4% a 20°C), mientras que el segundo tiene 87% de hidrólisis y 25 cP de viscosidad (4% a 20°C). El beneficio que tiene el PVA Sigma Aldrich está relacionado a la facilidad en su electroestirado, ya que presenta menos limitaciones a la hora de establecer los parámetros que caracterizan el proceso (humedad relativa, distancia y diferencia de potencial entre agujas y colector, y caudal de inyectado). Por otro lado, se consiguió electroestirar el PVA Dupont luego de, debido a las diferentes propiedades físicas que

presenta esta solución, adaptar la metodología a unos nuevos parámetros. Estos parámetros resultaron estar en un rango más reducido, lo cual lleva a la formación de beads y gotas.

Ambas membranas fueron caracterizadas mediante espectroscopía FTIR y a través de imágenes SEM. De estas últimas se observa que el diámetro medio de las nanofibras de PVA Sigma es de  $(193 \pm 8)$  nm mientras que para el PVA Dupont es de  $(143 \pm 7)$  nm.

Los resultados parciales de adsorción muestran una muy buena performance, siendo una técnica prometedora para lograr disminuir la contaminación de arsénico en Argentina.

Referencias:

- [1] S. Lata, S. R. Samadder, Removal of arsenic from water using nano adsorbents and challenges: A review, *J. Environ. Manage.* 166 (2016) 3877-406.  
 [2] N. Torasso et al, Enhancing arsenic adsorption via excellent dispersion of iron oxide nanoparticles inside poly(vinyl alcohol) nanofibers, *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9, 1 (2021): 104664.

## **MB-29** Respuesta mecánica de pericardio bovino suturado a ensayos de tracción

Sala Crist A<sup>1</sup>, Tambella V<sup>2 3</sup>, Arriaga F<sup>4 3</sup>, Staneck J<sup>4 5</sup>, Moscuza H<sup>2</sup>, Lanzini F<sup>4 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Grupo de Medicina Veterinaria Translacional (MEVET), Departamento de Clínica, Fac. de Cs. Veterinarias, UNCPBA*

<sup>3</sup> *CONICET*

<sup>4</sup> *Instituto de Física de Materiales de Tandil - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>5</sup> *Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica*

Desde hace algunas décadas el pericardio bovino es una opción de prótesis para hernias umbilicales en reemplazo de las mallas sintéticas. El uso de este material biológico presenta ventajas en la cicatrización de las heridas del paciente, con la restricción de tener poca disponibilidad de acceso en la industria nacional para la cirugía veterinaria. Es por esto que el grupo de trabajo del HEGA-FCV-UNCPBA diseñó y desarrolló con éxito un método de obtención y adecuación del pericardio bovino para la reducción de hernias umbilicales en grandes animales [1]. Este desarrollo está enmarcado dentro de un proyecto interdisciplinar que involucra la caracterización de la matriz biológica

luego del tratamiento necesario para cumplir los requisitos previos a ser colocado en el paciente. La caracterización mecánica de esta matriz se está llevando a cabo en el grupo de investigación de Propiedades Mecánicas y Transformaciones de Fase de la UNCPBA. Previamente, se estudió la respuesta a la tracción del pericardio en diferentes etapas del tratamiento [2,3]. En el presente trabajo se estudia la respuesta mecánica del pericardio suturado con el objetivo de evaluar el cambio en las propiedades mecánicas, al ser fijado al paciente. Se utilizaron hebras de Nylon y PGA (hilo de sutura absorbible), y diferentes patrones de sutura (punto simple y punto en U horizontal).

Para ensayar el material suturado, se realizó una adaptación de la máquina universal de ensayos. Se fabricó un anclaje rígido adaptado a las mordazas de la máquina, donde se sostienen las suturas fijadas a la muestra de bioprótesis. Dado la respuesta no-lineal de este tipo de tejidos orgánicos, para el análisis de las curvas fuerza-deformación se implementó un modelo que permite discriminar distintos rangos de comportamiento. Este modelo se realizó utilizando la derivada de la curva fuerza/deformación como sugieren otros autores [4,5]. Los ensayos demostraron una gran correlación entre la derivada ( $d\mathbf{F}/d\epsilon$ ) y la magnitud de la fuerza ( $\mathbf{F}$ ). Un análisis detallado de la derivada permitió en general diferenciar entre los distintos rangos de comportamiento. A partir de este análisis es posible estandarizar el método utilizado para determinar el rango elástico del tejido.

Los autores agradecemos a los técnicos de laboratorio que asistieron en esta experiencia: Emanuel Portales del IFIMAT, y Susana Insua del Hospital Escuela de Grandes Animales.

**[1]** Moscuza, C.H., Tambella, V., Cantatore, S., García, J., Rodríguez, M., Nejamkin, P. *Reducción de defectos herniarios umbilicales en terneros Holando mediante el uso de aloinjertos de pericardio*. XXXVII Jornadas de actualización en Ciencias Veterinarias, Colegio de veterinarios de la provincia de Córdoba. (Septiembre de 2018). Poster.

**[2]** V. Tambella, J. Staneck, F.Lanzini, F. Arriaga, S. Cantatore, J.J. Rosatti, y H. Moscuza. *Aproximación a la caracterización biomecánica de un prototipo y bioprótesis de pericardio bovino*. XXI Jornadas de Divulgación Técnico Científicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario. (Diciembre 2021). Poster.

**[3]** J. P. Staneck, V. Tambella, H. Moscuza, F. Arriaga, y F. Lanzini. *Caracterización biomecánica de una membrana de pericardio bovino durante las etapas de su procesado para bioprótesis*. 106<sup>o</sup> Reunión de la Asociación Física Argentina. (Octubre 2021). Poster.

[4] Y .C. B. Fung. *Elasticity of soft tissues in simple elongation*. American Journal of Physiology. Vol. 213, No. 6, pag. 1532-1544.

[5] Stephen C. Cowin, Stephen B.Doty. *Tissue mechanics*. Springer, 2007. Capítulo 15.11, pág. 537.

## MB-30 Análisis de espectros de relajación usando redes neuronales profundas

González M G<sup>1 2</sup>, Ciocci Brazzano L<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> CONICET

El análisis de espectros de relajación es de crucial importancia para el conocimiento de las propiedades tanto eléctricas como mecánicas de materiales. Usualmente, los procesos de relajación se describen mediante modelos fenomenológicos que permiten caracterizar la respuesta mecánica o eléctrica del material a partir de un pequeño conjunto de parámetros. Una buena caracterización de estos parámetros es relevante tanto para la investigación básica de materiales, como para el diseño de dispositivos y otras aplicaciones. Para ello es de suma importancia establecer la cantidad de procesos de relajación presentes en el espectro y, dentro de los modelos fenomenológicos disponibles, definir cuál es el más adecuado a utilizar para la descripción del espectro. En los últimos años, la temática de aprendizaje profundo (Deep Learning, DL) ha recibido una enorme atención por parte de un gran número de investigadores, no sólo de su área madre, aprendizaje automático (Machine Learning), sino también de múltiples campos diversos de la ciencia y tecnología, en donde el uso de estas nuevas ideas ha generado importantes avances en dichas disciplinas. En particular, los esquemas guiados por datos (data-driven), son alternativas populares y poderosas para construir modelos para la predicción de propiedades y el diseño de materiales [1]. En este sentido, en este trabajo presentamos un método de ajuste basado en DL para obtener los parámetros necesarios para describir un material, dado un determinado modelo fenomenológico. Estudiamos su desempeño aplicándolo a espectros simulados y medidos con ruido y relajaciones superpuestas. Además, se lo compara con otros dos métodos distintos: el tradicional y el estadístico. El primero consiste en el ajuste de los datos a un determinado modelo, utilizando el método de cuadrados mínimos, y considerando a priori la existencia de un número determinado de relajaciones en el espectro. El segundo está basado en el algoritmo de Monte Carlo con cadena de Markov que maximiza la función densidad de probabilidad de los parámetros y que permite

resolver algunos de los problemas que presentan los métodos clásicos de ajuste [2].

[1] L. Chen, et. al. 'Frequency-dependent dielectric constant prediction of polymers using machine learning', *npj Comput Mater* 6, 61 (2020).

[2] L Ciocci Brazzano, et al. 'A Bayesian method for analyzing relaxation spectra', *Computer Physics Communications* 198, 22 (2016).

## MB-31 Potencial electrostático alrededor y dentro de un complejo entre $\alpha$ -lactoalbúmina y cadenas de polielectrolito: un estudio mediante simulaciones de Monte Carlo

Narambuena C<sup>1 2</sup>, Torres P B<sup>1 2</sup>, Baldor S<sup>3</sup>, Quiroga E<sup>2</sup>, Ramirez Pastor J A<sup>2</sup>, Spelzini D<sup>3</sup>, Boeris V<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad Regional San Rafael - Universidad Tecnológica Nacional

<sup>2</sup> Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas - Universidad Nacional de Rosario

Las proteínas del suero lácteo son de gran importancia como ingredientes en la industria alimenticia alimentaria debido a sus propiedades funcionales. La fracción proteica del suero lácteo está compuesta principalmente por  $\alpha$ -lactoalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulina y glicomacropéptido. Estas proteínas tienen la capacidad de interactuar y formar complejos con polisacáridos ionizables.

El objetivo de este trabajo es estudiar el potencial electrostático alrededor y dentro de los complejos formados entre la  $\alpha$ -lactoalbúmina y un polielectrolito considerando que este potencial es afectado por diferentes condiciones de pH y la presencia de sal. La metodología utilizada consistió en un modelo de grano grueso para la proteína y el polielectrolito (PE), luego se llevaron a cabo simulaciones por el método de Monte Carlo en un amplio rango de pH. Adicionalmente, se agregaron distintos tamaños de cadena de PE junto con distintas cantidades de dichas cadenas. El PE modelado fue considerado aniónico fuerte en todas las simulaciones.

Los resultados mostraron que la presencia del PE cargado negativamente afecta a la carga de la proteína en el rango de pH por debajo del punto isoeléctrico ( $pI = 4.9$ ). El incremento en la longitud de la cadena de PE genera un incremento de las cargas positivas de la proteína. Se cuantificó la adsorción del PE en la superficie de la proteína con un criterio estructural, el cual tiene en cuenta la formación de pares iónicos. Los perfiles de potencial electrostático son muy dependientes del pH de la solución.

Además, se observó que la proteína tiene una capacidad limitada para adsorber monómeros del PE, es decir, un incremento de la cantidad de monómeros de PE no produce

un aumento en la formación de pares iónicos. Adicionalmente, se observó que para la menor concentración de sal estudiada se obtuvieron los valores de adsorción máximos.

## **MB-32 Propiedades eléctricas de soluciones de hidróxido de sodio en butanol en el rango de radiofrecuencia**

Corach J<sup>1 2</sup>, Ciocci Brazzano L<sup>1 2</sup>, Sorichetti P A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *CONICET*

Las soluciones hidróxido de sodio e hidróxido de potasio en alcoholes de cadena corta presentan interés científico y tecnológico. En particular, se emplean en la industria para la elaboración de distintos productos, entre ellos biodiesel. Por otro lado, en vista del interés en la producción de biodiesel con radiofrecuencia y microondas, la determinación de permitividad compleja de aquellos sistemas tiene interés desde el punto de vista práctico y académico.

En este trabajo se determinan las propiedades eléctricas de soluciones de hidróxido de sodio en butanol en el rango de frecuencias entre 1 MHz y 30 MHz, a temperaturas entre 20 °C y 60 °C. A partir de los resultados experimentales, se elaboran modelos para estimar las propiedades eléctricas en función de la composición y la temperatura.

## **MB-33 Estructuras con interacciones SALR. Auto-reparación.**

Zarragoicoechea G J<sup>1 2 3</sup>, Meyra A G<sup>2 4</sup>, Ciach A<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos, CONICET-UNLP*

<sup>3</sup> *Diseño Industrial, UNLP*

<sup>4</sup> *Facultad Regional La Plata - Universidad Tecnológica Nacional*

<sup>5</sup> *Instytut Chemii Fizycznej (Polskiej Akademii Nauk), Varsovia, Polonia*

Hemos comenzado a estudiar, con simulaciones de Monte Carlo en el conjunto Gran Canónico, una mezcla binaria de partículas SALR (Short Attractive-Long Repulsive interactions). La celda de simulación intenta representar el volumen 3D de una membrana,  $V=L_x L_y L_z$  ( $L_z$ , espesor de la membrana). La particularidad de la simulación consiste en generar una configuración inicial con las componentes separadas en franjas (haciendo una analogía con la biología, las franjas podrían representar conexiones

nerviosas, fibras musculares, fibras vegetales,...), y, además, esas franjas están interrumpidas (simulando una lesión en las fibras). A partir de esa configuración inicial se deja evolucionar al sistema con la mecánica estándar del conjunto Gran Canónico, desplazamiento de partículas e inserción/eliminación de partículas. Dependiendo de las condiciones termodinámicas, se observa que el vacío inicial es llenado con la mezcla de partículas, manteniendo su estructura original de franjas. Esto lo interpretamos diciendo que la lesión original se autorepara, recreando las conexiones de las franjas con el mismo tipo de componente.

## **MB-34 Optimización del flujo de medios granulares mediante el agregado de partículas de menor rozamiento**

Zablotsky A<sup>1</sup> <sup>2</sup>, Madrid M<sup>3</sup>, Carlevaro M<sup>3</sup>, Kuperman M<sup>2</sup> <sup>1</sup>, Pugnaroni L<sup>4</sup>, Bouzat S<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Grupo de Física Estadística e Interdisciplinaria. Centro Atómico Bariloche*

<sup>3</sup> *Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos, CONICET-UNLP*

<sup>4</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de La Pampa*

Se estudia la dinámica del flujo y atascos en sistemas de granos circulares a través de una apertura pequeña en un silo vibrante bidimensional. El objetivo consiste en encontrar estrategias que permitan optimizar el flujo de un cierto medio granular realizando mezclas

con partículas de menor tamaño y/o menor rozamiento. Los estudios fueron realizados mediante simulaciones numéricas con el método de elementos discretos (DEM), implementando la librería Box2D. El resultado principal muestra que el agregado de partículas de muy bajo rozamiento permite aumentar notablemente el flujo efectivo de los granos originales. Se analiza también la dependencia de los resultados con diferentes parámetros del sistema y propiedades generales de sistemas granulares mixtos.

# MATERIA CONDENSADA

## Charlas

Martes 27 de septiembre

14:00-14:20

Aula Ex Biblioteca

### Anisotropía magnética efectiva obtenida mediante FMR y VSM en nanohilos de FeNi con interacción dipolar

Almeira J<sup>1 2</sup>, Ramos C<sup>3</sup>, Milano J<sup>3</sup>, Meneses F<sup>1 2</sup>, Urreta S<sup>1 2</sup>, Bercoff P<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba

<sup>2</sup> Grupo de Ciencia de Materiales FaMAF, IFEG CONICET

<sup>3</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.

Se determinó la anisotropía magnética efectiva en arreglos ordenados de nanohilos (NW) de  $Fe_xNi_{100-x}$  ( $x = 15, 25$  y  $38$ ), de 65 nm de diámetro. Los NW se obtuvieron por electrodeposición en membranas nanoporosas de alúmina de alta porosidad ( $P \approx 0.35$ ), por tiempos suficientes para conseguir relaciones de aspecto mayores a 50, de manera de tener anisotropía de forma dominante. La anisotropía magnética efectiva se obtuvo a partir de los ciclos de histéresis medidos en un magnetómetro de muestra vibrante (VSM) a temperatura ambiente, y por resonancia ferromagnética (FMR) a 34 GHz en función del ángulo entre el campo magnético aplicado  $H$  y el eje de los NW ( $\theta$ ). Se eligió esta frecuencia de manera que los campos de resonancia sean mayores que el campo de anisotropía,  $H_a$ .

Los ciclos de histéresis medidos muestran una gran anisotropía de forma en los tres sistemas estudiados, en los que el eje de fácil magnetización coincide con el eje de los NW y posee una remanencia  $Mr/Ms \approx 40\%$ , posiblemente como resultado de las interacciones dipolares que no pueden despreciarse. A partir de la diferencia de áreas entre los ciclos medidos a  $\theta = 0^\circ$  y  $\theta = 90^\circ$  se determinó la energía asociada a la anisotropía magnética y, a partir de ésta, el campo de anisotropía efectiva,  $H_a$ .

Los valores de  $H_a$  obtenidos por VSM y FMR muestran una tendencia similar en función del contenido de  $Fe, x$ . Sin embargo, la *magnitud* en todos los casos es casi el *doble* cuando la determinación se hace por VSM, lo cual contrasta con resultados

previos en sistemas similares [1, 2] en los que los valores de  $H_a$  determinados por las dos técnicas son muy similares. Es posible que la discrepancia observada se deba al efecto de las interacciones dipolares sobre los mecanismos de magnetización que en este caso no permitan la interpretación mediante un modelo de tipo Stoner-Wholfarth. Se está trabajando para explicar este comportamiento.

[1] L. Forzani, et al App Phys. Let. 116 (2020) 013104 (2020)

[2] J. De la Torre Medina, et al., J. App. Phys, 105 (2009) 023909

**Contacto:** Carlos Ramos, cramosbr@gmail.com **Código Identificador:** 8923

14:20-14:40

Aula Ex Biblioteca

## Micro-resonadores mecánicos basados en heteroestructuras en $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ crecidas por MBE

Prado A<sup>1</sup>, Perez D<sup>2</sup>, Salazar L<sup>3</sup>, Pastoriza H<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Dispositivos y Sensores, Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, Centro Atómico Bariloche-CNEA*

<sup>2</sup> *Grupo de Dispositivos y Sensores, CAB-CNEA y CONICET.*

<sup>3</sup> *Dispositivos y Sensores, Instituto de Nanociencia y Nanotecnología nodo CAB, CNEA-CONICET*

Los resonadores micro y nano-electromecánicos (M/NEMS) son dispositivos que acoplan grados de libertad eléctricos y mecánicos en la micro y nano escala. Estos han demostrado ser útiles en el desarrollo de un amplio espectro de sensores ultrasensibles. Generalmente, dependiendo de las características del experimento en particular, el efecto de una perturbación externa sobre el resonador se presenta como: un desplazamiento estático de su posición de equilibrio, un forzamiento sobre su movimiento oscilatorio o una variación en su frecuencia de resonancia o disipación. Las aplicaciones más importantes van desde la fabricación de sensores mecánicos, procesamiento mecánico de señales y el estudio de fenómenos cuánticos [1-3]. Dada la posibilidad de modular las propiedades ópticas y electrónicas mediante un control fino de la composición y espesor de cada capa, las heteroestructuras III-V crecidas por Epitaxia de Haces Moleculares (MBE) se presentan como una excelente alternativa a los sistemas basados en silicio. El acoplamiento con sistemas electrónicos de baja dimensión e integración de elementos ópticos activos permiten el desarrollo de aplicaciones en optoelectrónica y el estudio de interacciones optomecánicas [4]. En este trabajo mostraremos nuestros avances en el diseño, fabricación y caracterización de resonadores de GaAs que nos permiten explorar las principales características de heteroestructuras GaAs/AlGaAs para su posterior implementación en sensores de alta sensibilidad. Esto

incluye el crecimiento de muestras por MBE, el post-procesamiento de los dispositivos y los mecanismos de actuación y detección. Por otro lado, hemos crecido heteroestructuras que consisten en cavidades ópticas formadas por dos Reflectores Distribuidos de Bragg (RDBs) con la posibilidad de modular mecánicamente la separación entre espejos con el objetivo de estudiar el acoplamiento de los grados de libertad ópticos y mecánicos.

[1] D. Antonio, M. I. Dolz, and H. Pastoriza, *Applied Physics Letters* 95, 133505 (2009).

[2] M. Poot and H. S. J. v. d. Zant, *Physics Reports* 511, 273 (2012).

[3] Yamaguchi, H. (2017). *Semiconductor Science and Technology*, 32 (10), 103003.

[4] Aspelmeyer, M., Kippenberg, T. J., Marquardt, F. (2014). *Reviews of Modern Physics*, 86(4), 1391.

**Contacto:** Ayelen Prado, pradoaye022@gmail.com **Código Identificador:** 8968

14:40-15:00

Aula Ex Biblioteca

## Cálculos DFT del efecto isotópico del Li sobre Ni: La influencia de la morfología de la deposición

Bellora M S<sup>1 2</sup>, Cabello F<sup>2 1</sup>, Viva F<sup>2 1</sup>, Corti H<sup>2 1</sup>, Barral M A<sup>2 1</sup>, Vildosola V<sup>2 1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)*

<sup>2</sup> *Departamento de Física de la Materia Condensada G1A -CNEA*

El litio es un material estratégico y la separación isotópica de sus isótopos se presenta como una gran oportunidad a nivel mundial y nacional en la tecnología nuclear, por el valor agregado y la creciente demanda que poseen las sales de  ${}^6\text{Li}$  y  ${}^7\text{Li}$  puras o enriquecidas en más de un 90%. Los métodos electroquímicos se presentan como una opción muy prometedora para lograr la separación isotópica. La elección de los materiales adecuados, así como las variables de trabajo como sobrepotencial, densidad de corriente, entre otras, resulta clave para aumentar la eficiencia de estos métodos. En este punto, los cálculos de primeros principios basados en la Teoría de la Funcional de la Densidad (DFT) pueden contribuir a la comprensión de los procesos fisicoquímicos y permitir reconocer los factores más relevantes o limitantes para lograr una separación más eficiente. En este trabajo presentamos cálculos de la adsorción de Li sobre la superficie (111) de níquel, con el fin de estudiar el efecto isotópico. Los cálculos consisten en el estudio del corrimiento en las frecuencias de vibración de los isótopos adsorbidos en diferentes configuraciones o morfologías [1,2]. Estas frecuencias vibracionales se utilizan para calcular las funciones de partición reducidas con las cuales se obtiene el factor de fraccionamiento isotópico (R) en el equilibrio para cada situación

simulada, y que puede ser comparado con los resultados experimentales obtenidos por el grupo y/o reportados en la bibliografía. Los resultados teóricos indican que el fraccionamiento isotópico será mayor para aquellas configuraciones en las cuales los litios depositados o adsorbidos se encuentran más débilmente ligados entre sí y con el sustrato de níquel. Se define la variable  $Nec$ , denominada coordinación efectiva, para medir la coordinación promedio de vecinos en una determinada configuración de litios, pesada por las distancias promedios de las ligaduras. Se encuentra una correlación entre el valor de  $R$  calculado por DFT y la variable  $Nec$ . Las configuraciones de litios que presentan menor valor de  $Nec$  como el cluster de tipo piramidal, dan lugar a mayor fraccionamiento isotópico, mientras que una situación de fuerte adsorción o contacto con el sustrato, sumado a una alta densidad de litios como el caso de una monocapa, da lugar a un fraccionamiento prácticamente nulo. Se propone un modelo que describe analíticamente el comportamiento de  $R$  en términos del corrimiento en las frecuencias vibracionales de los isótopos de un sistema efectivo. Estos resultados brindan información que será de utilidad en futuros experimentos electroquímicos, sugiriendo la necesidad de controlar la morfología de deposición. // [1] J Bigeleisen et al, J. Chem. Phys 15 (1947) 261 // [2] M Méheut et al, Geochim. Cosmochim. 71 (2007) 3170

**Contacto:** Marina Soledad Bellora, marinabellora684@gmail.com **Código Identificador:** 9076

15:00-15:20

Aula Ex Biblioteca

## Frentes de onda en Ecuaciones de Reacción-Difusión sobre medios heterogéneos

Zagarra Saez R<sup>1</sup>, Kolton A B<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

Las ecuaciones de Reacción Difusión en medios heterogéneos permiten modelar distintos sistemas, desde la propagación espacial de epidemias hasta incendios forestales, o reacciones químicas en sustratos inhomogéneos. Se estudió un sistema constituido por ecuaciones de reacción-difusión de tipo SIR con una tasa de transmisión heterogénea en el espacio. Se realizaron simulaciones sobre sistemas masivos ( $2^{11} \times 2^{16}$ ) para estudiar estadísticamente las características del frente. En particular, se determinó un conjunto de exponentes universales que describen la geometría del frente, tal como el exponente de rugosidad y el exponente dinámico. Por otro lado, se estudió la velocidad del frente en función de la heterogeneidad y comparamos los resultados

con los obtenidos al agregar un término convectivo y cómo esto afecta al fenómeno de umbral característico de estos sistemas.

**Contacto:** Renzo Zagarra Saez, renzozagarrasaez@gmail.com **Código Identificador:** 8625

15:20-15:40

Aula Ex Biblioteca

## Determinación de estructura magnética en películas delgadas por medio de Reflectometría de Neutrones Polarizados

Goijman D<sup>1</sup>, Gómez J<sup>2</sup>, Paulin M A<sup>3</sup>, De Biasi E<sup>2</sup>, Ott F<sup>3</sup>, Vorobiev A<sup>4</sup>, Butera A<sup>2</sup>, Milano J<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)*

<sup>2</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CONICET-CNEA, Centro Atómico Bariloche*

<sup>3</sup> *Laboratoire Léon Brillouin CEA/CNRS - Centre d'Etudes de Saclay - France*

<sup>4</sup> *Instituto Laue-Langevin (ILL), Grenoble, Francia*

Las películas delgadas de materiales ferromagnéticos han atraído una atención considerable en el último tiempo como candidatas potenciales para su aplicación en espintrónica, en la nueva generación de dispositivos nanoelectrónicos. Según el material y el espesor, algunas películas, pueden tener una componente de anisotropía magnética fuera del plano originada principalmente por contribuciones magnetocristalinas, magnetoelásticas o interfaciales que muestran una estructura de dominio magnético en forma de tiras.

En este trabajo estudiamos películas delgadas de FePt de diferentes espesores mediante Reflectometría de Neutrones Polarizados (RNP). Debido a que la dispersión de neutrones es sensible solamente a la componente de magnetización en el plano, es posible determinar el perfil de esta componente a lo largo de la profundidad de la película. Además de obtener información sobre la estructura y la configuración magnética. Los experimentos se realizaron en PRISM (LLB, Saclay) y en SUPERADAM (ILL, Grenoble), en Francia.

Para estudiar diferentes estados de magnetización, se aplicaron distintos valores de campo magnético, a temperatura ambiente, siguiendo la curva de histeresis. Hemos visto cómo cambia la magnetización en las capas según el campo aplicado. En el estado de remanencia, la componente de magnetización en la dirección del campo es mayor hacia los bordes respecto del centro de la muestra. Al aumentar el campo, la diferencia de magnetización entre el centro y las regiones fronterizas se vuelve más pequeña; y, cuando se alcanza el estado saturado, la componente de magnetización

es la mismo a lo largo de la dirección de crecimiento de la película. Simultáneamente, hemos realizado simulaciones micromagnéticas de los estados magnéticos que se han probado experimentalmente. Encontramos que el perfil de profundidad magnética observado concuerda siendo el esperado para una estructura de dominio en forma de tiras.

**Contacto:** Dafne Goijman, [dafker@gmail.com](mailto:dafker@gmail.com) **Codigo Identificador:** 8832

15:40-16:00

Aula Ex Biblioteca

## Nanomotores adiabáticos y monoparamétricos impulsados por fuerzas no conservativas autoinducidas.

Fernández-Alcázar L J<sup>1 2</sup>, Kurnosov A<sup>3</sup>, Bustos-Marún R A<sup>4 5</sup>, Kottos T<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (CONICET - Universidad Nacional del Nordeste)*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - Universidad Nacional del Nordeste*

<sup>3</sup> *Wave Transport in Complex Systems Lab, Department of Physics, Wesleyan University, Middletown, CT-06459, USA*

<sup>4</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

<sup>5</sup> *Dpto. de Físicoquímica, Facultad de Ciencias Químicas Universidad Nacional de Córdoba*

El papel vital de los nano/micromotores en el avance de la nanotecnología ha colocado su desarrollo al frente de la actividad de investigación reciente [1-4]. En este sentido, el concepto de fuerzas inducidas por corriente para la realización de motores cuánticos adiabáticos nano/microscópicos ha surgido en el marco de la física de la materia condensada [4,5]. En el nivel más fundamental, los motores cuánticos adiabáticos [4] utilizan los efectos de interferencia de la corriente de electrones que los atraviesa para producir un trabajo útil sobre un grado de libertad (GDL) mecánico (motor). Sin embargo, cuando solo hay un único GDL clásico (cartesiano), las fuerzas de reacción son necesariamente conservativas. La necesaria naturaleza multiparamétrica de los GDL mecánicos, complica los diseños propuestos de los motores adiabáticos, haciéndolos intratables en lo que respecta al esfuerzo en curso hacia la nanoescala. Por otra parte, los avances recientes en nanofotónica brindan oportunidades tentadoras para la realización de nanomáquinas autónomas que podrían superar limitaciones operativas fundamentales. Una característica particularmente interesante de este tipo de sistemas es la presencia de no linealidades (autoinducidas) debidas a interacciones luz-materia. En este trabajo, proponemos un motor simple optomecánico pero monoparamétrico

que utiliza no linealidades para convertir una corriente de energía constante proporcionada por un laser, en una fuerza mecánica no conservativa. Esta fuerza, autosustenta el movimiento periódico del GDL mecánico cuya frecuencia es órdenes de magnitud más pequeña que la del GDL fotónico. Hemos identificado condiciones bajo las cuales la potencia mecánica máxima extraída es invariable y mostramos que el sistema presenta un nuevo tipo de protección geométrica autoinducida, la cual resguarda el trabajo por ciclo contra imperfecciones y ruido del ambiente.

#### REFERENCIAS

- [1] H. L. Tierney, et. al., Nat. Nanotechnol. 6 (2011) 625.
- [2] B. S. L. Collins, et. al., Nat. Chem 8 (2016) 860.
- [3] D. Palima, et. al., Laser Photon. Rev. 7 (2013) 478.
- [4] R. Bustos-Marún, et. al., Phys. Rev. Lett. 111 (2013) 060802.
- [5] N. Bode, et. al., Phys. Rev. Lett. 107 (2011) 036804.

**Contacto:** Lucas Jonatan Fernandez, lucasjfernandez@gmail.com **Codigo Identificador:** 9337

Miercoles 28 de septiembre

14:00-14:20

Aula Ex Biblioteca

## Espectrometría de Masas de Iones Secundarios con Análisis por Tiempo de Vuelo (TOF-SIMS): Utilización de Haz de Clúster de Ar versus Haces Tradicionales de O<sub>2</sub> y Cs en la Obtención de Espectros y de Perfiles de Profundidad

Lucero Manzano A M<sup>1 2 2</sup>, Viatela I<sup>4 2 3</sup>, Prado M<sup>4 2 3</sup>, Lima Jr. <sup>3</sup>, Bagnato C<sup>5</sup>, Grizzi O<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> División Física de Superficies, Centro Atómico Bariloche, CNEA-CONICET.

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.

<sup>4</sup> Departamento Materiales Nucleares, Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica - CONICET, 8400 Bariloche, Argentina

<sup>5</sup> Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, Centro Atómico Bariloche, Argentina

Hacia finales del 2019 se instaló un equipo para espectrometría de masa de iones secundarios con análisis por tiempo de vuelo (TOF-SIMS) en la Gerencia de Investigaciones Aplicadas (GIA) del Centro Atómico Bariloche [1]. Este equipo está disponible a través del Sistema Nacional de Espectrometrías de Masa, es el primero de estas

características en Argentina, permitiendo realizar análisis elemental y molecular con muy alta resolución en masa (en modo espectrometría), así como tomar imágenes de la distribución de masas sobre una variedad de superficies, incluyendo metales, aislantes, polímeros y muestras de interés biológico (en modo imagen), donde se alcanzan una resolución lateral de hasta 100 nm. Ambos modos de operación, espectrometría e imagen, se pueden combinar con decapado por bombardeo iónico para obtener perfiles de composición versus profundidad hasta varios micrones. Para el decapado iónico (por 'sputtering') se pueden utilizar los haces tradicionales de O<sub>2</sub> (a fin de aumentar la fracción de iones positivos) y de Cs (para iones negativos) o un nuevo cañón que genera clústeres de Ar con 500 a 5000 átomos con energías de 2,5 a 20 keV. Para este último en particular se espera que genere menos efectos secundarios asociados a la carga macroscópica introducida por el bombardeo en materiales aislantes y un aumento en la emisión de fracciones moleculares (clústeres) en masas altas [2]. En la actualidad existen pocos datos sobre el rendimiento, las ventajas y las desventajas del uso de esta facilidad, particularmente cuando el haz de Ar<sub>n</sub> impacta sobre superficies topográficamente complejas, aislantes o de interés biológico. En este trabajo se discuten, en primer lugar, mediciones de espectros de masa en alta resolución y de imágenes de distribución de masa, tomados en microesferas vítreas desarrolladas por el Departamento de Materiales Nucleares de CNEA con intención futura de carga y liberación de doxorrubicina en la quimioembolización arterial transcatóter (tratamiento quimioterápico en tumores hepáticos) [3]. En particular, se muestran mediciones de perfiles de composición en función de la profundidad tomados con los diferentes haces, donde se observa que el decapado con Ar<sub>n</sub> genera una distribución más uniforme para el caso del Na. En segundo lugar se estudian espectros de masa de muestras de cisteína (aminoácido) y cisteína con Fe, materiales de interés para estudiar una nueva familia de enzima asociada a formación de triglicéridos en algas. Se discuten las ventajas y desventajas de los distintos modos de adquisición y la posibilidad de obtener información sobre los tipos de enlaces presentes tanto entre moléculas como entre la molécula y el sustrato.

## REFERENCIAS

- [1] Espectrómetro de masas de iones secundarios detectados por tiempo de vuelo TOF.SIMS 5-100, IONTOF GmbH, Alemania instalado en la Gerencia de Investigación Aplicada (GIA) de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Argentina.
- [2] N. Winograd, 'Gas Cluster Ion Beams for Secondary Ion Mass Spectrometry', *Annual Review of Analytical Chemistry*, vol. 11, no. 1, pp. 29-48, 2018. Available: [10.1146/annurev-anchem-061516-045249](https://doi.org/10.1146/annurev-anchem-061516-045249).
- [3] Escalante Castro, Bryan A. (2021) Estudio en microesferas vítreas porosas de SiO<sub>2</sub> para la adsorción y desorción de drogas antineoplásicas. Caso de estudio: carga y descarga de doxorrubicina. Maestría en Ciencias Físicas, Universidad Nacional de

Cuyo, Instituto Balseiro.

**Contacto:** Lucero Manzano A M, Andrea.lucero@cab.cnea.gov.ar **Codigo Identificador:** 9287

14:20-14:40

Aula Ex Biblioteca

## Diseño y fabricación de resonadores microondas para aplicaciones en CQED

Curci L<sup>1</sup>, Ramos K<sup>1</sup>, Noell L<sup>1</sup>, Tosi L<sup>1</sup>, Sánchez M J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

En este trabajo diseñamos resonadores microondas para aplicaciones en circuitos superconductores. Dichos resonadores los basamos en guías de onda coplanares, en las cuales estudiamos cómo los parámetros geométricos del diseño determinan la frecuencia de resonancia y el factor de calidad de los resonadores. Posteriormente avanzamos en la implementación experimental de los mismos. Para ello, realizamos films delgados de diferentes materiales a través de sputtering, una técnica que consiste en depositar algún material (un metal en nuestro caso) en un sustrato en presencia de una atmósfera de Ar. Optimizamos los parámetros de control del proceso con el fin de obtener muestras de alta calidad. Trabajamos con muestras de Al, Nb y Aluminio Granular. Este último puede obtenerse mediante rf-sputtering, incluyendo una fracción de oxígeno en la atmósfera de Ar. El aluminio granular es un material que ha cobrado importancia en los últimos años, ya que se caracteriza por una alta inductancia cinética y es útil para la implementación dispositivos cuánticos tales como qubits, detectores y amplificadores.

**Contacto:** Ivana Curci, curciivana@gmail.com **Codigo Identificador:** 8692

14:40-15:00

Aula Ex Biblioteca

## Plasmones de baja energía en niquelatos superconductores: posibles analogías y diferencias con cupratos superconductores.

Zinni L<sup>1</sup>, Bejas M<sup>1 2</sup>, Yamase H<sup>3 4</sup>, Greco A<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Rosario, UNR-CONICET*

<sup>3</sup> *International Center for Material Nanoarchitectonics, National Institute for Materials Science, Tsukuba, Japan*

<sup>4</sup> *Department of Condensed Matter Physics, Graduate School of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan*

El estudio de los niquelatos ha cobrado importancia en los últimos años debido al reciente descubrimiento de superconductividad en dichos materiales[1] a tal punto que se dice que hemos entrado en "la era del níquel de la superconductividad"[2,3]. Su estructura cristalina es similar a la de los cupratos, los cuales presentan propiedades superconductoras y del estado normal de gran interés que se vienen estudiando hace más de 35 años y aún se encuentran vigentes. Por esto, sumado a que el níquel es vecino del cobre en la tabla periódica y ambos elementos tienen estructuras electrónicas semejantes, es natural argumentar que los niquelatos podrían presentar propiedades análogas a la de los cupratos. Recientemente se han detectado plasmones de baja energía en cupratos a través de la técnica experimental "resonant inelastic X-ray scattering"(RIXS)[4-7], los cuales han sido bien descritos en el contexto del modelo  $t$ - $J$  de capas con interacción coulombiana de largo alcance  $V$ [8]. Asumiendo que los niquelatos también son sistemas altamente correlacionados, presentaremos resultados de plasmones con el modelo  $t$ - $J$ - $V$  para estos sistemas. Además expondremos cálculos en el contexto de la aproximación de fase aleatoria (RPA), la cual es adecuada para explicar sistemas débilmente correlacionados. De esta manera, mostraremos diferencias entre ambos modelos y aportaremos a la discusión sobre las similitudes entre los niquelatos y los cupratos.

[1] L. Li et al., *Nature* **572**, 624 (2019).

[2] M. Norman, *Physics* **13**, 85 (2020).

[3] W. Pickett, *Nature Reviews Physics* **3**, 7 (2021).

[4] M. Hetping et al., *Nature* **563**, 374 (2018).

[5] J. Q. Lin et al., *npj Quantum Materials* **5**, 4 (2020).

[6] A. Nag et al., *Phys. Rev. Lett.* **125**, 257002 (2020).

[7] A. Singh et al., *Phys. Rev. B* **105**, 235105 (2022).

[8] A. Greco, H. Yamase, and M. Bejas, *Phys. Rev. B* **94**, 075139 (2016).

**Contacto:** Luciano Zinni, ls.zinni@gmail.com **Código Identificador:** 8548

15:00-15:20

Aula Ex Biblioteca

**Efecto del perfil magnético en estados de Yu-Shiba-Rusinov : De la impureza local al límite extendido.**

Feijoo J<sup>1,2</sup>, Iucci A<sup>1,3</sup>, Lobos A<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de La Plata, CONICET

<sup>2</sup> Instituto de Física, Facultad de Cs. Exactas, Universidad Nacional de La Plata

<sup>3</sup> Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET

<sup>4</sup> Instituto Interdisciplinario de Ciencias Básicas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),

Los estados de Yu-Shiba-Rusinov, son estados localizados dentro del gap en un superconductor, Se producen debido a la ruptura de simetría de paridad local inducido por la presencia de impurezas magnéticas[1]. Estos sistemas se han convertido en foco de intensa investigación debido a la predicción de modos de energía cero o Majoranas, (Con un potencial uso en computación cuántica topológica). Una propiedad sobresaliente de los sistemas de Shiba es la existencia de una transición de fase topológica experimentalmente accesible, llamada transición "0- $\pi$ ", determinada por la posición del nivel de energía del estado dentro del gap. Cuando el estado cruza el nivel de Fermi existe un cambio de paridad del sistema colectivo. Este cambio de paridad se ha observado experimentalmente en sistemas superconductores con técnicas STM. El reciente progreso en la fabricación de nanodispositivos, así como técnicas STM permite colocar impurezas en un sistema superconductor 1D, Estas impurezas pueden ser puntuales (1 átomo) y también extendidas [2]. En este trabajo estudiamos los efectos del perfil magnético sobre los niveles de los estados de Shiba, adicionalmente se estudia las fases topológicas que presentan estos sistemas. El Hamiltoniano superconductor en presencia de un campo magnético local es:

$$H_S^0 = -\mu \sum_{j=1, \sigma}^N c_{j\sigma}^\dagger c_{j\sigma} - t \sum_{j=1, \sigma}^N (c_{j\sigma}^\dagger c_{j+1\sigma} + \text{H.c.}) + \Delta \sum_{j=1}^N (c_{j\downarrow} c_{j\uparrow} + c_{j\uparrow}^\dagger c_{j\downarrow}^\dagger) + \sum_{i, \sigma, \sigma'} h_i c_{i\sigma}^\dagger \tau_{\sigma, \sigma'}^3 c_{i\sigma'}$$

, donde  $h_i$  describe el perfil magnético de la impureza. Debido a la simetría partícula hueco que presenta este sistema, es conveniente escribirlo en el espacio de Nambu

$\hat{H}_S^0 = \frac{1}{2} \Psi^\dagger H_S^0 \Psi + E_0$  Donde  $H_S^0 = \begin{pmatrix} A & -B^* \\ B & -A^* \end{pmatrix}$ , es el Hamiltoniano de Bogoliubov de Gennes. La matriz  $A$  contiene la estructura del tight binding y el perfil magnético, a su vez  $B$  contiene el acoplamiento superconductor. Se observa que el Hamiltoniano es hermítico por lo tanto puede ser diagonalizado por una transformación unitaria de Bogoliubov de Gennes[3]. Sus autovalores debido a la simetría partícula hueco tienen la forma.  $\tilde{H}_S^0 = \text{Diag}(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{2L}, -\varepsilon_1, -\varepsilon_2, \dots, -\varepsilon_{2L})$ . Aplicando la

misma transformación a los espinores de Nambu se obtiene los autovectores del sistema llamados cuasipartículas de bogoliubov.

$$\gamma_{k\sigma}^\dagger = \sum_{i=1,\sigma'}^L \left( u_{ki\sigma\sigma'} c_{i\sigma'}^\dagger + v_{ki\sigma\sigma'} c_{i\sigma'} \right) \quad (2)$$

La relación de dispersión para diferentes perfiles se las obtuvo numéricamente. Para estudiar analíticamente la dependencia del estado de Shiba con la extensión de la impureza tomamos el límite continuo con una aproximación lineal, debido a que estamos cerca del límite de Fermi. Describimos al operador fermiónico en términos de fermiones derechos e izquierdos.  $\psi_\sigma(x) = e^{ik_F x} \psi_{R\sigma}(x) + e^{-ik_F x} \psi_{L\sigma}(x)$ . El sistema se simplifica definiendo los operadores  $\phi_{R\pm} = \frac{\psi_{R\uparrow\pm} \psi_{L\downarrow}^\dagger}{\sqrt{2}}$  y  $\phi_{L\pm} = \frac{\psi_{L\uparrow\pm} \psi_{R\downarrow}^\dagger}{\sqrt{2}}$ . En términos de estos operadores el sistema a resolver es un sistema acoplado de  $2 \times 2$ . El sistema tiene solución analítica solamente para ciertos perfiles, en nuestro trabajo hemos usado un perfil escalón. Las propiedades topológicas del sistema se analizan transformando el hamiltoniano a su versión antisimétrica donde su Pfaffiano está bien definido. Sus autoestados corresponden a operadores de Majorana. Estos autoestados tienen paridad definida, la cual cambia cuando cruzan el nivel de Fermi. De esta forma podemos definir un invariante topológico del sistema como  $Q = \text{sign Pf}(-i\bar{H}_S^0)$ .

[1] T. Bortolin, A. Iucci and A. Lobos, Phys. Rev. B 100, 155111 (2019)

[2] S. Vaitiekunas, Science 367, eaav3392 (2020)

[3] H. Shiba, Prog. Theor. Phys. 40, 435 (1968).

**Contacto:** Javier Feijoo, javierfeijoo66@gmail.com **Código Identificador:** 9179

15:20-15:40

Aula Ex Biblioteca

## Efecto Magnetocalórico en bicapas de mangánitas nanocristalinas

Passanante S<sup>1 2 3</sup>, Granja L<sup>1 2</sup>, Albornoz C<sup>1</sup>, Vega D<sup>1 3</sup>, Goijman D<sup>4 5</sup>, Fuertes M C<sup>2 6</sup>, Ferreyra C<sup>1 2</sup>, Ghivelder L<sup>7</sup>, Parisi F<sup>1 8</sup>, Quintero M<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada, Gerencia de Investigación y Aplicaciones, CAC-CNEA

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología CAC, CNEA-CONICET

<sup>3</sup> Instituto Sabato/ Escuela de Ciencia y Tecnología, UNSAM

<sup>4</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>5</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CONICET-CNEA, Centro Atómico Bariloche

<sup>6</sup> Gerencia Química, CAC, CNEA

<sup>7</sup> Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 21941-972 Rio de Janeiro, RJ, Brazil

<sup>8</sup> Instituto de Ciencias Físicas, UNSAM

El efecto magnetocalórico se conoce como el cambio en la temperatura de un material cuando aplicamos un campo magnético externo y presenta su máxima intensidad cuando la temperatura del sistema coincide con la temperatura de Curie ( $T_c$ ). Si bien este efecto es conocido hace mucho tiempo, el interés en los últimos años creció debido a la posibilidad de utilizarlo para refrigeración a temperatura ambiente. Las películas delgadas presentan una gran relación superficie-volumen, lo que las hace buenas candidatas para dispositivos de refrigeración basados en el efecto magnetocalórico. Con este objetivo, hemos estudiado las propiedades magnéticas y magnetocalóricas de películas bicapas de manganitas:  $La_{0,88}Sr_{0,12}MnO_3 / La_{0,75}Sr_{0,25}MnO_3$  y  $La_{0,75}Sr_{0,25}MnO_3 / La_{0,88}Sr_{0,12}MnO_3$ , y películas delgadas de referencia de una sola capa de  $La_{0,88}Sr_{0,12}MnO_3$  y  $La_{0,75}Sr_{0,25}MnO_3$ . Estas películas fueron crecidas por PLD (pulsed laser deposition) sobre sustratos de silicio, obteniendo films policristalinos con un tamaño de grano promedio aproximado de 40 nm. En este trabajo, para las bicapas, encontramos que el rango de temperatura ( $\delta T_{FWHM}$ ) donde el efecto magnetocalórico resulta apreciable puede expandirse considerablemente. Esto se logró mejorando la capacidad refrigerante. De esta forma, es posible combinar las cualidades magnetocalóricas de los nanocomposites con las películas delgadas de manera de mejorar y expandir su potencial uso en dispositivos de refrigeración.

**Contacto:** Sebastian Passanante, sepassanante@hotmail.com **Código Identificador:** 9220

15:40-16:00

Aula Ex Biblioteca

## Efectos de spin e interacción Coulombiana en circuitos cuánticos fermiónicos

Tosi L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> División Dispositivos y Sensores, Centro Atómico Bariloche, CNEA, Argentina.

En esta charla presentaré experimentos recientes de espectroscopía microondas en átomos artificiales fabricados a partir de circuitos híbridos que combinan superconductores y semiconductores. A diferencia de la mayoría de los circuitos cuánticos superconductores, en que las excitaciones corresponden a modos electromagnéticos, en este caso las excitaciones son cuasipartículas fermiónicas. Estas cuasipartículas

pueden ser promovidas a niveles de energía más altos mediante la absorción de un fotón. El espectro de absorción muestra una estructura fina debido al acoplamiento spin-orbita en el semiconductor y las interacciones Coulombianas. Los resultados dan cuenta de como la espectroscopía microondas otorga una precisión sin precedentes, acercando la materia condensada a la física atómica.

**Contacto:** Leandro Tosi, tosi.lea@gmail.com **Codigo Identificador:** 9102

**Jueves 29 de septiembre**

14:00-14:20

Aula Ex Biblioteca

## Estudio del efecto de la grafitización en el fraccionamiento isotópico de litio por DFT

Cabello F<sup>1 2 3</sup>, Bellora M S<sup>2 3</sup>, Corti H<sup>2 3</sup>, Viva F<sup>2 3</sup>, Vildosola V<sup>2 3</sup>, Barral M A<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada GlyA -CNEA

<sup>3</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)

En los últimos años, las sales enriquecidas en los isótopos estables del Li,  ${}^6\text{Li}$  y  ${}^7\text{Li}$ , han ganado terreno en aplicaciones dentro de la tecnología nuclear. La búsqueda de métodos de separación isotópica más eficientes y ambientalmente amigables se ha visto estimulada por la creciente demanda de las sales enriquecidas y de su valor agregado. Entre ellos, los métodos electroquímicos se presentan como una alternativa viable para reemplazar a los métodos tradicionales de separación basados en mercurio.

El proceso de separación isotópica mediante métodos electroquímicos depende de las características de los materiales utilizados, además de las variables de trabajo como la temperatura, densidad de corriente, entre otras. Identificar mediante modelado fisicoquímico cuáles son los factores más relevantes o limitantes para lograr una separación más eficiente es de incalculable valor a la hora de elegir los materiales a investigar experimentalmente. En este sentido, los materiales grafiticos destacan por su comprobada aplicación como matriz de intercalación para iones litio, aspecto clave del éxito de las baterías Li-ion.

El grado de grafitización se encuentra determinado principalmente por el número de láminas de grafeno que componen las cristalitas. En general, se considera carbón grafitico cuando existen 10 o más láminas ordenadas, y carbón no-grafítico, amorfo o "hard carbon" cuando el número de láminas de grafeno es menor a 10. En este trabajo, se estudió el efecto del grado de grafitización en el fraccionamiento isotópico

teórico de litio. Para ello, se simuló mediante DFT, litio intercalado en diferentes stacks de grafeno, variando el número de láminas componentes desde 1 hasta 8. Se calculó las frecuencias de vibración de los átomos en las estructuras resultantes, lo que a través de las funciones de partición reducidas, nos permitió calcular el factor de fraccionamiento isotópico de equilibrio,  $R$ , para cada estructura simulada [1-2]. Se analizaron los  $R$  calculados y se compararon con resultados experimentales disponibles.

Los resultados teóricos indican que el fraccionamiento isotópico se ve influenciado positivamente cuando el stack de grafeno posee hasta 3 láminas. Para números mayores de láminas, no existe gran diferencia de fraccionamiento teórico entre el stack de grafeno y el grafito. Este aumento en el fraccionamiento puede atribuirse a la distancia interplanar entre las láminas de grafeno, que es inversamente proporcional al número de láminas. Las estructuras que más restrinjan la vibración de los átomos adsorbidos o intercalados darán lugar a un menor fraccionamiento isotópico, lo que puede indicar que carbones con poco grado de grafitización son deseables para aplicaciones de separación isotópica.

[1] J Bigeleisen et al, J. Chem. Phys 15 (1947) 261

[2] M Méheut et al, Geochim. Cosmochim. 71 (2007) 3170

**Contacto:** Federico Cabello, federico\_cabello8@hotmail.com **Código Identificador:** 9091

14:20-14:40

Aula Ex Biblioteca

## Estudios experimentales sobre el sistema $Rh_{1-x}Te_2$ ( $0 < x < 1$ ) muestran comportamiento de tipo líquido de Fermi

Lurgo F<sup>1</sup>, Carbonio R<sup>2</sup>, Sánchez R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN), CNEA-CONICET, Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica e Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo, Av. Bustillo 9500, (8400) San Carlos de Bariloche (RN), Argentina.

<sup>2</sup> INFIQC (CONICET), Dpto. de Físicoquímica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba. Ciudad Universitaria. 5000 Córdoba. Argentina.

Se sintetizaron cinco composiciones de la familia de dicalcogenuros  $Rh_{1-x}Te_2$  ( $0 < x < 1$ ) a través de ampollas de cuarzo evacuadas en vacío. La caracterización cristalográfica fue realizada en un difractómetro de rayos X con luz sincrotrón (Synchrotron Diamond-UK), todas las composiciones corresponden a una estructura hexagonal en

capas a 300K. El extremo composicional de IrTe<sub>2</sub> presenta una transición de fase de primer orden (hexagonal a triclinica fase) a temperaturas menores a 300K. Todas las composiciones muestran un comportamiento magnético de tipo paramagnetismo de Pauli amplificado y dos regimenes diferenciados en la resistividad eléctrica, los cuales se pueden asociar a scattering de tipo electrón-electrón y electrón-fonón. Las mediciones de coeficiente Seebeck muestran que todas las composiciones presentan portadores de carga de tipo-hueco. Un análisis global de las características medidas en esta familia, indica que su comportamiento es el de un gas de electrones correlacionados o tipo líquido de Fermi.

**Contacto:** Florencia Lurgo, florencialurgo@gmail.com **Codigo Identificador:** 8978

14:40-15:00

Aula Ex Biblioteca

## Dispositivos basados en semiconductores III-V

Salazar Alarcon L d J<sup>1</sup>, Prado A<sup>1</sup>, Anguiano S<sup>1</sup>, Gonzalez M<sup>1</sup>, Tosi L<sup>1</sup>, Rozas G<sup>2</sup>, Pastoriza H<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Dispositivos y Sensores, Instituto de Nanociencia y Nanotecnología nodo CAB, CNEA-CONICET*

<sup>2</sup> *Laboratorio de Fotónica Optoelectrónica-Instituto de Nanociencia y Nanotecnología nodo CAB, CNEA-CONICET*

La reciente instalación y puesta en marcha de un equipo de Epitaxia por Haces Moleculares (MBE, por sus siglas en inglés) para elementos III-V en la Sala Limpia del Centro Atómico Bariloche (CAB) ha dado lugar a una multitud de proyectos que involucran distintos grupos y objetivos. Actualmente se cuenta con la capacidad de crecer y caracterizar [1,2] heteroestructuras epitaxiales compuestas por capas de Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As, dopadas tanto con Silicio (tipo n) como con Berilio (tipo p). La modulación de la composición de las capas de Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As posibilita una ingeniería de las propiedades ópticas y electrónicas de las estructuras, dada la fuerte dependencia de la banda prohibida con la composición. El crecimiento de estructuras altamente epitaxiales, prácticamente sin contaminantes y con un alto control de espesores, composición y dopaje posibilita la fabricación de, por ejemplo, pozos cuánticos, gases bidimensionales (2DEG), reflectores de Bragg (DBRs), cavidades ópticas y diodos. En esta charla se expondrán las características generales del MBE instalado en la Sala Limpia del CAB, para luego discutir los principales proyectos en los que se está trabajando. Estos incluyen el crecimiento de un láser de cascada cuántica (QCL), dispositivos emisores y receptores que operan en el rango de los THz [3], la fabricación de sensores a partir de dispositivos MEMs de Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As [4], el crecimiento de celdas solares [5] y detectores

de radiación ionizante, entre otros. En el último año también se ha incursionado en el crecimiento de muestras con Indio (sistema  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  /  $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}$  sobre  $\text{InP}$ ) con perspectivas de fabricación de amplificadores criogénicos que operen en el límite del ruido permitido por la mecánica cuántica.

- [1] Gonzalez, M, et al. (2021). Mat. Sci. in Semiconductor Processing, 123, 105469
- [2] Prado, A, et al. (2022). Physica B: Condensed Matter, 414145
- [3] Schrottke, L., et al. (2016). Applied Physics Letters, 108 (10), 102102.
- [4] Yamaguchi, H. (2017). Semiconductor Science and Technology, 32 (10), 103003.
- [5] Barrera, M. P., et al. (2007). Avances en energías renovables y medio ambiente, 11

**Contacto:** Leonardo de Jesus Salazar Alarcon, leonardo.salazar.alarcon@cab.cnea.gov.ar  
**Codigo Identificador:** 8987

15:00-15:20

Aula Ex Biblioteca

## Depinning y flujo de un vórtice superconductor en un medio desordenado laminar

Elías F<sup>1</sup>, Kolton A B<sup>1</sup>, Wiese K J<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche, CONICET - CNEA, Instituto Balseiro, UNCuyo

<sup>2</sup> Laboratoire de physique, Departement de physique de IENS, Ecole normale superieure, UPMC Univ. Paris 06, CNRS, PSL Research University, 75005 Paris, France

En este trabajo estudiamos analítica y numéricamente la dinámica de una solo vórtice, impulsado a través de un medio desordenado, como una cuerda elástica en una dimensión  $D = N + d = 3$ , con  $d = 1$  (dimensión interna) y  $N = 2$  (dimension de desplazamientos). En el límite cuasi-estático ( $v_{cm} \sim 0$ ) el vórtice es super-rugoso en dirección de la fuerza impulsora (dirección paralela), con exponente de rugosidad  $\zeta_{\parallel} = 1,25 \pm 0,01$ , exponente dinámico  $z_{\parallel} = 1,43 \pm 0,01$ , exponente de longitud de correlación  $\nu = 1,33 \pm 0,02$ , exponente de depinning  $\beta = 0,25 \pm 0,01$ , y exponente de tamaño de avalancha  $\tau_{\parallel} = 1,09 \pm 0,03$ . En la dirección transversal encontramos  $\zeta_{\perp} = 0,5 \pm 0,01$ ,  $z_{\perp} = 2,27 \pm 0,05$  y  $\tau_{\perp} = 1,17 \pm 0,06$ . Nuestros resultados muestran que las fluctuaciones transversales no alteran los exponentes críticos en la dirección de de la fuerza, tal como fue predicho por Ertas y Kardar (EK) usando la aproximación planar (AP) [Phys. Rev. B 53, 3520(1996)], coincidiendo los exponentes críticos en la dirección paralela con los de una cuerda elástica en un medio bidimensional ( $D = 2, d = 1, N = 1$ ). Verificamos que la AP se cumple para el correlador fuerza-fuerza, medido mediante simulaciones numéricas, comparándolo con cálculos

FRG. Tanto el desorden de tipo random bond (RB) como el tipo random field (RF) pertenecen a una misma clase de universalidad, indistinguible de la de una cuerda elástica en un medio desordenado bidimensional. Mientras se cumplen las relaciones  $z_{\perp} = z_{\parallel} + 1/\nu$  y  $\nu = 1/(2 - \zeta_{\parallel})$  de EK, el movimiento transversal es tipo browniano, con un reloj fijado localmente por el movimiento de avance paralelo. Esto implica que  $\zeta_{\perp} = (2 - d)/2$ , diferente a EK. Finalmente, a velocidades bajas, la distribución de desplazamientos paralelos locales es asimétrica (skewness negativo), mientras que en la dirección transversal es gaussiana. A gran escala, el sistema es descrito por temperaturas efectivas anisotrópicas definidas a partir del teorema de fluctuación-disipación generalizado. En el límite de velocidades altas, las distribuciones locales de desplazamiento se vuelven gaussianas en ambas direcciones y las temperaturas efectivas decaen como  $T_{\perp}^{\text{eff}} \sim 1/v_{cm}$  y  $T_{\parallel}^{\text{eff}} \sim 1/v_{cm}^3$  para RB y como  $T_{\perp}^{\text{eff}} \sim 1/v_{cm}$  y  $T_{\parallel}^{\text{eff}} \sim 1/v_{cm}$  para RF.

**Contacto:** federico elias, federicoelias4@gmail.com **Código Identificador:** 8629

15:20-15:40

Aula Ex Biblioteca

## La fotoconductividad como un fenómeno de transmisión de partículas. Aplicaciones para la caracterización de materiales semiconductores.

Figueroa C M<sup>1</sup>, Ferreyra R<sup>2 3</sup>, Marín Ramírez O<sup>2 4</sup>, Straube B<sup>1</sup>, Vega N C<sup>2 4</sup>, Brizuela H<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Física del Sólido, INFINOA (CONICET-UNT), Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>3</sup> Universidad Nacional de San Martín

<sup>4</sup> Nanoproject- LNPd, INFINOA (CONICET-UNT), Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán

Se puede considerar a la conducción eléctrica en una muestra semiconductoras como el flujo de partículas a través de un medio activo. A partir del enfoque de la conducción como un problema de transmisión de partículas, es posible obtener expresiones simples y cerradas para los coeficientes de transporte en un modelo bipolar de un semiconductor homogéneo en condiciones de estado no estacionario. Estos coeficientes simplifican el cálculo de la conductividad en función del tiempo y la evaluación de fenómenos de transporte resultantes de múltiples procesos. Cabe destacar que estos coeficientes son independientes de las dimensiones de la muestra y, por lo tanto, adecuados para el caso macroscópico. Debido a la simplicidad de las expresiones, la

metodología propuesta facilita el tratamiento de múltiples procesos de absorción y generación de portadores de carga. Esto permite calcular la conductividad variable de muestras sometidas a diferentes condiciones de transporte. Un caso típico es el de una muestra fotoconductoras iluminada con radiación de la frecuencia adecuada. Una aplicación importante de esta formulación es que se puede utilizar para la caracterización de muestras fotoconductoras de mediciones de transporte y para la validación de modelos de estructura de banda. Como un ejemplo, utilizamos este método para analizar la foto-respuesta de una película delgada de beta-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, obteniendo estimaciones para movilidades de electrones y huecos, secciones transversales de recombinación y captura de portadores por defectos, concentraciones de defectos y densidad de estados de las bandas

**Contacto:** Carlos Miguel Figueroa, cfigueroa@herrera.unt.edu.ar **Código Identificador:** 9010

15:40-16:00

Aula Ex Biblioteca

## Espectroscopía a bajas temperaturas de LaFeO<sub>3</sub>, PrFeO<sub>3</sub>, ErFeO<sub>3</sub> y LuFeO<sub>3</sub> a energías en el Terahertz

Massa N E<sup>1</sup>, Holldack K<sup>2</sup>, Lohmiller T<sup>3</sup>, Del Campo L<sup>4</sup>, Ta Phuoc V<sup>5</sup>, Kayser P<sup>6</sup>, Alonso J A<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Centro CEQUINOR, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad Nacional de La Plata, Bv. 120 1465, B1904 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Helmholtz-Zentrum für Materialien und Energie, Institut für Methoden und Instrumentierung der Forschung mit Synchrotronstrahlung am Elektronenspeicherring Albert-Einstein-Str. 15, D-12489 Berlin, Alemania

<sup>3</sup> Institut für Chemie, Humboldt-Universität zu Berlin, Brook-Taylor-Str. 2, 12489 Berlin, Alemania

<sup>4</sup> Centre national de la recherche scientifique, Conditions Extrêmes et Matériaux: Haute Température et Irradiation, 1D, Av. de la Recherche Scientifique, F-45071 Orléans, Francia

<sup>5</sup> Groupe de recherche en matériaux, microelectronique, acoustique et nanotechnologies (GREMAN), Université de Tours, F-37200 Tours, Francia

<sup>6</sup> Centre for Science at Extreme Conditions and School of Chemistry, University of Edinburgh, Kings Buildings, Mayfield Road, EH9 3FD Edinburgh, Reino Unido.

<sup>7</sup> Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC, Cantoblanco, E-28049 Madrid, España.

La búsqueda de materiales multifuncionales con polarizaciones magnéticas y electrónicas como en multiferroicos ferromagnéticos ferroeléctricos contribuyó en las últimas

décadas a avances en el desarrollo de materiales con el objetivo de crear dispositivos que realizaran más de una de tarea.  $R\text{FeO}_3$  ( $R$ =tierra rara) es una familia ortorrómbica de estos compuestos que con distorsión dependiente del grado de inclinación octaédrica fue reconocido tempranamente por su ductilidad en acomodar cambios estructurales sutiles así como interacciones magnéticas en el entorno único creado por iones de  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{R}^{3+}$ . Su antiferromagnetismo a temperatura ambiente y el ferromagnetismo debido momentos fuera del plano dan lugar a interacciones con el potencial de desarrollar ferroeléctricidad incluyendo ondas de espín, transiciones del campo cristalino y fonones. Aquí reportamos estas excitaciones en perovskitas distorsionadas no-Jahn Teller  $\text{LaFeO}_3$ ,  $\text{PrFeO}_3$ ,  $\text{ErFeO}_3$  y  $\text{LuFeO}_3$  y su comportamiento bajo campos magnéticos hasta 7 T medidas usando las facilidades de la línea de luz THz de BESSY II. Absorciones en  $\text{LaFeO}_3$  a bajas temperaturas y bajas energía son identificadas como magnones ferromagnético y antiferromagnético a  $\omega_{FM} \sim 26,7 \text{ cm}^{-1}$  y  $\omega_{AFM} \sim 31,4 \text{ cm}^{-1}$  en la representación  $\Gamma_4(\text{Gx}, \text{Ay}, \text{Fz})$  con degeneración eliminada linealmente por el campo magnético.  $\text{LuFeO}_3$  se caracteriza por resonancias magnéticas a  $\omega_{FM} \sim 22,4 \text{ cm}^{-1}$  y  $\omega_{AFM} \sim 26,3 \text{ cm}^{-1}$  y niveles de campo cristalino de  $\text{Fe}^{3+}$  del multiplete del estado fundamental  ${}^6\text{A}_1$  a  $\sim 10,4 \text{ cm}^{-1}$  cuya actividad óptica es desencadenada por cambios en la red debido a la reducción del radio iónico de Lu  $4f^{14}$ . Este cambio local cuasi-no-centrosimétrico afecta también a  $\text{ErFeO}_3$  (Kramers  $4f^{11} \text{Er}^{3+} ({}^4 \text{I}_{15/2})$ ;  $\Gamma_2(\text{Fx}, \text{Cy}, \text{Gz}) < T_{SR} \sim 93 \text{ K}$ ) donde el intercambio entre iones 3d-4f redirige la divergencia Zeeman de la transición  $\text{Fe}^{3+} ({}^6\text{A}_1)$  hacia energías más altas forzando un cambio remarcable en la población de los niveles entre la rama más alta Zeeman de  $\text{Fe}^{3+} ({}^6\text{A}_3)$  y la más baja  $\text{Er}^{3+} ({}^4\text{I}_{15/2})$ . Las resonancias magnéticas a  $\omega_{AFM} \sim 31,5 \text{ cm}^{-1}$  y  $\omega_{FM} \sim 21,5 \text{ cm}^{-1}$  en  $\text{ErFeO}_3$  no experimentan un quiebre de la degeneración inducido por el campo, sino un aumento de 13 veces en la relación de intensidad antiferro ( $\omega_{AFM}$ )/ferro( $\omega_{FM}$ ). La coincidencia del multiplete  $\text{Er}^{3+} ({}^4 \text{I}_{15/2})$  a  $49,5 \text{ cm}^{-1}$ ,  $110,5 \text{ cm}^{-1}$  y  $167,3 \text{ cm}^{-1}$  con frecuencias vibracionales Er-O permiten inferir fuertes interacciones espín-fonon siendo campo dependientes solamente aquellos perfiles vibracionales asociados a fonones activos en el infrarrojo lejano involucrando iones magnéticos. En  $\text{PrFeO}_3$  la influencia de  $\text{Pr}^{3+}$  paramagnético funde la transición fundamental de campo cristalino  $\text{Pr}^{3+} ({}^3 \text{H}_4)$  con las resonancias antiferro y ferro en una banda poco definida sugerente de un estado cuasi-degenerado a 7 T. Concluimos que las excitaciones de baja energía en  $R\text{FeO}_3$  ( $R$ =tierras raras) dependen en gran medida del tamaño iónico de los lantánidos, por lo que están indisolublemente ligadas al mecanismo asociado al origen del ferromagnetismo neto. Los minúsculos desplazamientos de la red sugieren la posibilidad de considerar como no-centrosimétricas a las perovskitas distorsionadas con tierra rara de menor radio. Este deformación ligada a la anisotropía electrónica intrínseca del oxígeno daría lugar a la polarización ferroeléctrica espontánea detectada en  $\text{LuFeO}_3$  ortorrómbico.

**Contacto:** Nestor Emilio Massa, neemmassa@gmail.com **Codigo Identificador:** 8728

## Sesiones de Posters

- Martes 27/9: MC-1 a MC-62.
- Miércoles 28/9: MC-63 a MC-125.

### MC-1 Adsorción de H en la superficie Zn (0001) y magnetismo d0: un estudio ab-initio

Vazquez Robaina O<sup>1</sup>, Gil Rebaza A<sup>1</sup>, Cabrera A F<sup>1</sup>, Rodríguez Torres C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET

La observación de ferromagnetismo en el ZnO puro sugiere que el ferromagnetismo en este sistema está correlacionado inequívocamente con los defectos estructurales y constituye una evidencia contundente del carácter intrínseco de dicho fenómeno. Este ferromagnetismo emergente en óxidos no dopados suele denominarse "ferromagnetismo d0"[1] o Magnetismo Inducido por Defectos (DIM). Se cree que los defectos son los responsables de iniciar la hibridación en el nivel de Fermi y establecer un ferromagnetismo de largo alcance [2]. Una pista importante para entender el origen de dicha manifestación es que el ferromagnetismo se observa principalmente en películas delgadas o nanopartículas y no en muestras volumétricas. Este hecho sugiere que se trata de un fenómeno fuertemente relacionado con las superficies. En un trabajo previo referente a polvos submicrométricos de ZnO hidrogenados mostramos que la respuesta ferromagnética a temperatura ambiente puede activarse y desactivarse respectivamente mediante recocido térmico en atmósferas de H<sub>2</sub> y aire. Las caracterizaciones estructurales y espectroscópicas evidenciaron distorsiones claras en los entornos químicos de los átomos de Zn asociadas con la formación de defectos. A partir del análisis de espectros XANES y de XMCD vimos que el hidrógeno se incorporó a la estructura ZnO actuando como un donante poco profundo que transfería electrones a la banda de conducción (4s-Zn) [3]. Mediante cálculos de energía total por métodos de primeros principios investigamos la adsorción del hidrógeno atómico en sobre la superficie polar de Zn-ZnO(0001) para diferentes grados de recubrimiento superficial. Calculamos la configuración más estable en función de la separación entre el H y la superficie. Los presentes resultados muestran que el ferromagnetismo manifestado depende íntegramente de interacciones netamente superficiales que implican la transferencia de carga desde el nivel 1s-H a los niveles 4s-Zn y 4p-Zn.

- [1] JMD Coey, Solid State Sci. 7 6 (2005) 660-667  
[2] GZ Xing et al, AIP Adv. 1 (2011) 022152  
[3] O Vázquez-Robaina et al, J. Phys. Chem. C 123 (2019) 19851-19861

## MC-2 AFM nanoindentation-based mechanical investigation of 3D confinement effects on nanoarchitectonic arrays of Ag nanodisks

Roa S<sup>1, 2</sup>, Sirena M<sup>1, 2</sup>, Redondo C<sup>3</sup>, Morales R<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CAB, Instituto Balseiro, CNEA, Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CONICET-CNEA, Centro Atómico Bariloche

<sup>3</sup> Departamento de Química Física, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco

Ag nanostructures have been widely used in the development of emergent micro electro-mechanical systems (MEMS) and nano electro-mechanical systems (NEMS). Dimensional confinement effects on their mechanical properties are a key issue in the field of MEMS/NEMS for understanding their mechanical performances and potential lifespans. In this work, we report a systematic study of 3D confinement effects on the mechanical resistance of Ag nanodisks fabricated by interference laser lithography (ILL). Nanodisks with thicknesses ( $t$ ) between 20 and 150 nm and radii ( $r$ ) between 125 and 900 nm have been studied. Mechanical properties have been studied by atomic force microscopy (AFM)-assisted nanoindentation. The results showed a strong influence of substrate effects on the mechanical response of the nanodisks, generally being dominant at the considered scales. Lateral confinement effects have been observed for low indentation depths ( $<0.1t$ ), at which the substrate effects become smaller. Confinement effects depend more on relative size effects ( $r/t$  ratios) than on absolute length scales. The nanodisks showed greater susceptibility to plastic deformation (lower mechanical resistance) as decreased; this became clearly appreciable when  $r$  was comparable to  $t$ . Complementary finite element analysis showed similar tendencies, which could be explained considering pure dimensional confinement effects. This study shows the potential capabilities of modern AFM instruments for understanding confinement effects on the mechanical behavior of solids [1].

- [1] Simón Roa, Martín Sirena, Carolina Redondo, Rafael Morales, AFM nanoindentation-based mechanical investigation of 3D confinement effects on nanoarchitectonic arrays of Ag nanodisks, Journal of Physics and Chemistry of Solids 163 (2022) 110605, <https://doi.org/10.1016/j.jpics.2022.110605>

## MC-3 Ajuste y validación de perfiles de tempera-

## **tura para reducir el costo computacional en simulaciones de calentamiento mediante hornos de inducción**

Di Luozzo N<sup>1</sup>, Fontana M R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad de Buenos Aires. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería "Hilario Fernández Long". Facultad de Ingeniería. Paseo Colón 850, C1063ACV Buenos Aires, Argentina.*

Los hornos de inducción calientan piezas conductoras por efecto joule de las corrientes inducidas en los mismos. Para su simulación se hace necesario resolver una formulación electromagnética/térmica acoplada. Esta formulación de dos campos - el vector inducción electromagnética y la temperatura - tiene la particularidad de que tanto la discretización espacial como la temporal son diferentes. En la formulación electromagnética es necesario un fuerte refinamiento en el entorno de la superficie en las cercanías del inductor del horno de inducción, con pasos de tiempos muy pequeños. Por el contrario, para la formulación térmica no es necesaria una malla tan refinada - aun cuando la mayor parte del calor se genera nuevamente en las cercanías del inductor. En relación con los pasos de tiempo, para la formulación térmica son mucho mayores que para la formulación electromagnética. Es decir, la formulación térmica es mucho menos dinámica que la electromagnética. Todo lo anterior debe ser acoplado en un esquema iterativo para poder alcanzar la solución. Si además se desea resolver otras características asociadas al calentamiento por inducción, su costo computacional - es decir, las horas máquina para cada simulación a realizar - aumenta drásticamente. En particular, se estudiará el desarrollo de tensiones residuales (TR) en procesos que incluyen el calentamiento por inducción - como lo es la soldadura por difusión mediante una fase líquida transitoria. Es decir, para su simulación, es necesario una formulación mecánica/electromagnética/térmica acoplada. Para evitar el costo computacional de la anterior formulación, en este trabajo se presentan mediciones de perfiles de temperatura sobre piezas calentadas mediante hornos de inducción, las cuales fueron introducidas en modelos simplificados de campos de temperatura e introducidas en una formulación mecánica/térmica acoplada para el cálculo de las TR. De esta manera, se consigue reducir de manera considerable el costo computacional. El perfil de temperaturas con el que se consigue el mejor ajuste de las TR es confrontado con resultados obtenidos mediante una formulación electromagnética/térmica acoplada. A su vez, se presenta la validación de los resultados de las TR simulados con los medidos experimentalmente mediante difracción de neutrones.

**MC-4** **Análisis de cintas magnéticas blandas  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  (%at.) obtenidas por solidificación rápida unidas por co-laminación sobre un sustrato de aluminio**

Almassio F<sup>1</sup>, Pagnola M<sup>2 3</sup>, Saporiti M F S<sup>1</sup>, Moya J<sup>4</sup>, Audebert F<sup>1 5 6</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Materiales Avanzados, INTECIN (UBA-CONICET), Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Física, Laboratorio de Sólidos Amorfos, Buenos Aires, Argentina

<sup>3</sup> CONICET - Universidad de Buenos Aires, Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería Hilario Fernández Long (INTECIN), Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup> IESIING, Facultad de Ingeniería e Informática, UCASAL, A4402FYP Salta, Argentina

<sup>5</sup> Departamento de Materiales, Universidad de Oxford, Reino Unido

<sup>6</sup> Escuela de Ingeniería, Computación y Matemáticas, Universidad Oxford Brookes, Reino Unido

Los materiales ferromagnéticos blandos, llamados así porque presentan baja pérdidas magnéticas tanto por histéresis como por corrientes parásitas o de Foucault y además poseen una alta magnetización de saturación y coercitividad, se utilizan ampliamente en la industria electrónica tanto en mecanismos de sensado como en dispositivos de potencia. En este tipo de industria, una gran cantidad de circuitos magnéticos requieren de soldaduras y respaldos de Aluminio. Además, para mejorar las propiedades magnéticas, los materiales blandos se producen por el método de solidificación rápida Melt Spinning y son así desarrollados en finas cintas. Que podrán tener, en algunas circunstancias, estructuras fuera del equilibrio para lograr este objetivo.

En este trabajo se estudia la unión por co-laminación de cintas  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  (%at.) sobre un sustrato de Aluminio 1050. Las cintas y el sustrato fueron precalentados a 200 °C por el término de 30 minutos antes de la laminación. En este proceso se produjo una reducción del espesor del 30 %, para así superar la deformación umbral mínima y lograr la correcta soldadura entre las cintas y el sustrato.

Se caracterizó la microestructura mediante Difracción de Rayos X (DRX), Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y Análisis Dispersivo de Energía de Rayos X. Las propiedades de la superficie fueron caracterizadas mediante dureza Vickers con una carga 200 gr, y la estabilidad térmica se estudió por calorimetría diferencia de barrido (DSC). Además se determinó el ciclo de histéresis magnética. Todos estos estudios se realizaron en las cintas y las muestras co-laminadas.

La estructura de las cintas y las muestras co-laminadas son amorfas, observándose en las muestras co-laminadas un pre-pico correspondiente a un orden de corto alcance. A partir de los resultados obtenidos por DSC las cintas presentan los picos de primera y segunda cristalización a 572 °C y 582 °C. A partir del proceso de laminación se incrementó la dureza entre un 7 % y 10 % y se produjo un aumento de la coercitividad.

MC-5

**Analizando el comportamiento interfacial en nanocompuestos poliméricos mediante simulación compu-**

## tacional

Balbuena C<sup>1</sup>, Soulé E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales, CONICET-UNMdP*

Uno de los factores motivadores detrás del desarrollo de nanocompuestos poliméricos es el hecho de que se pueden obtener mejoras sustanciales en las propiedades de un material polimérico con solo una mínima adición de nanopartículas (NPs). La característica distintiva en estos nanomateriales es la existencia de una región interfacial entre las NPs y las cadenas poliméricas, en donde la comprensión del comportamiento de esta región a nivel molecular en Nanociencia resulta fundamental para entender los sorprendentes cambios que surgen en las propiedades de estos materiales. Debido a que es difícil separar las diferentes variables que se presentan tanto en los sistemas reales como en los experimentos, el modelado a nivel molecular se muestra como un técnica que resulta ideal para poder discriminar el efecto de cada una.

En este trabajo estudiamos mediante simulaciones de Dinámica Molecular un modelo de grano grueso que permite simular Nanocompuestos de NPs esféricas inmersas en una matriz polimérica. Realizamos un análisis de estructuración local de los monómeros interfaciales y de su comportamiento dinámico cuando se varía el potencial de interacción NP-monómero ó el tamaño de las NPs. El estudio llevado a cabo en este trabajo permite interpretar ciertos cambios en las propiedades dinámicas globales del sistema, como pueden ser los cambios en los tiempos de relajación estructural, cambios en la fragilidad vítrea y corrimientos en la temperatura de transición vítrea a partir del comportamiento local que se da en la interfase de estos materiales de interés tecnológico.

## MC-6 Anisotropía rotacional de películas delgadas de FePt crecidas sobre PMN-PT

Sarmiento Chavez A C<sup>1 2 3</sup>, Gomez J<sup>1 2 3</sup>, Goijman D<sup>1 2 3</sup>, Hehn M<sup>4</sup>, Lacour D<sup>4</sup>, Milano J<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> *Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>2</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>3</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)*

<sup>4</sup> *Institut Jean Lamour, UMR CNRS 7198, Univ. de Lorraine, BP 70239, F-54506 Vandoeuvre, Francia*

Las películas delgadas de FePt son actualmente objeto de una serie de investigaciones experimentales debido a sus propiedades magnéticas peculiares, es decir, coercitividad muy grande y anisotropía magnética alta. Entre las características de estas películas ferromagnéticas (FM) sabemos que, por encima de un espesor crítico, la estructura del dominio magnético cambia de una estructura plana a un arreglo de bandas pe-

riódicas o stripes. Este patrón de stripes alterna la componente de la magnetización entre afuera y dentro del plano y además presenta dominios de clausura entre los dominios adyacentes perpendiculares. Una de las propiedades interesantes de este tipo de patrón es el hecho de que la dirección de los stripes en la muestra se encuentra a lo largo de la dirección en la que se aplicó el último campo de saturación. Este fenómeno se denomina "anisotropía rotacional" se observó por primera vez en películas delgadas de permalloy depositadas por técnicas de vaporización [1]. Una de las opciones para estudiar la anisotropía rotacional es hacer crecer la película FM sobre un sustrato piezoeléctrico. Este tipo de sustrato se deforma anisotrópicamente con un estrés remanente distinto de cero tras la aplicación de un campo eléctrico. Debido al acoplamiento magnetoelástico, la deformación en el piezoeléctrico provoca un cambio en la anisotropía magnética de la película. Nuestro grupo de investigación reportó [2] que para películas ferromagnéticas de FePt depositadas por pulverización catódica sobre un sustrato piezoeléctrico, es posible cambiar el eje fácil de magnetización en 90° si se aplica un campo eléctrico en una dirección perpendicular al plano de la película. Aunque este sistema de FePt sobre PMN-PT ya se ha estudiado, hasta ahora no se ha explorado cómo giran los stripes, cuando en lugar de cambiar la dirección del campo magnético, se genera un estrés al sustrato. Para este estudio se han crecido películas delgadas de FePt con un rango de espesores (25-60 nm) que van desde muestras sin stripes hasta muestras con stripes. Estas muestras han sido caracterizadas por diversas técnicas como Resonancia Ferromagnética (FMR), Magnetómetro de Muestra Vibratoria (VSM), Efecto Magneto Óptico Kerr (MOKE) y Microscopio de Fuerza Magnética (MFM). Para observar cómo se ve afectada la anisotropía rotacional cuando se aplica una tensión sobre el piezoeléctrico, todas las mediciones se realizaron con y sin tensión aplicada, enfatizando muestras con espesores cercanos al espesor crítico.

#### Referencias

- [1] R. J. Prosen, J. O. Holmen, and B. E. Gran, "Rotatable Anisotropy in Thin Permalloy Films", *Journal of Applied Physics* 32, S91-S92 (1961) <https://doi.org/10.1063/1.2000512>
- [2] L. Leiva, J.L. Ampuero Torres, J.E. Gómez, D. Velázquez Rodríguez, J. Milano, A. Butera, "Electric field control of magnetism in FePt/PMN-PT heterostructures", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Volume 544, 2022, 168619, ISSN 0304-8853, <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2021.168619>.

## MC-7 Aparición de estados de borde de Majorana en fondo de skyrmiones antiferromagnéticos

Iroulart E A<sup>1,2</sup>, Rosales H D<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata

<sup>2</sup> Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos, CONICET-UNLP

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, UNLP

Desde su descubrimiento, la superconductividad ha inspirado innumerables conceptos y aplicaciones nuevos. Entre estos se encuentra el descubrimiento de superconductores topológicos con energía cero en sus bordes, conocidos como estados ligados de Majorana (MBS). En este trabajo, estudiamos el acoplamiento de electrones superconductores a una textura topológica de skyrmiones antiferromagnéticos con el fin de estabilizar MBSs. Para ello se utilizaron diferentes configuraciones, variando el campo magnético aplicado a la muestra, el relleno electrónico, el potencial químico y el acoplamiento de Hund, utilizando diferentes geometrías de rojo. Los resultados preliminares se mostrarán dentro de las regiones estudiadas.

### MC-8 **Aplicación de ZnO nanoestructurado en electrodos de celdas solares tipo DSSC: Fabricación y caracterización.**

Vega N C<sup>1</sup>, Salomón F<sup>2</sup>, Katz N<sup>2</sup>, Comedi D<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NANOPROJECT, Laboratorio de Física del Sólido y Laboratorio de Síntesis de Nanomateriales, INFINOA - CONICET/UNT, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, UNT

<sup>2</sup> Instituto de Química del Noroeste Argentino (INQUINOA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Universidad Nacional de Tucumán

La búsqueda de nuevos materiales para su aplicación en dispositivos eficientes de conversión de energía renovable motivó al desarrollo de este trabajo, donde se propone el diseño y fabricación de nuevas nanoestructuras semiconductoras, cuya posterior sensibilización superficial con complejos de Ru, los lleve a poder ser aplicados como electrodo y capa transportadora de electrones en celdas solares híbridas como las del tipo DSSCs (?dye-sensitized solar cells?). El semiconductor estudiado es el ZnO, con un gap ancho de 3.37 eV y con importantes propiedades optoeléctricas [1-3]. Su absorción en el UV, su versatilidad y la facilidad de obtenerlo en forma nanoestructurada lograron que este material sea un candidato promisorio para remplazar al TiO<sub>2</sub> en la fabricación de celdas solares tipo DSCs [4,5]. En particular, en este trabajo se detalla el crecimiento de ZnO sobre FTO de dos maneras: como nanohilos (obtenidos por método hidrotermal) y como film de nanopartículas (depositadas por técnica Dr. Blade), además, su posterior caracterización morfológica, óptica y eléctrica. Finalmente, estas muestras semiconductoras son sensibilizadas por nuevos complejos bipiridínicos de Ru(II), con propiedades fisicoquímicas apropiadas para su uso como sensibilizantes de este ZnO nanoestructurado en celdas solares del tipo DSSC, y se procede con la fabricación de celdas solares DSSC donde el ZnO sensibilizado hace de electrodo, sustrato de FTO/vidrio revestido con una capa de platino es el contra electrodo y un electrolito de la cupla KI/I<sub>2</sub> es el material que va entre electrodos. Estas celdas

fueron caracterizadas mediante curvas IV bajo iluminación de1sol, a partir de lo cual se obtiene la eficiencia de las mismas.

Referencias: [1] Nadia C.Vega, O. Marin, E. Tosi, G. Grinblat, E. Mosquera, M. Moreno, M. Tirado, D. Comedi. *Nanotechnology*, 28 (27) 275702, IOP Publishing, Londres, UK, 2017. [2] Nadia C. Vega; Monica Tirado, David Comedi; Andres Rodriguez; Tomas Rodriguez; Gareth M. Hughes; Chris R. M. Grovenor; Fernando Audebert. *Materials Research* 16, 597, 2013. [3] Nadia C. Vega, R. Wallar, J. Caram, G. Grinblat, M. Tirado, R.R. LaPierre, D. Comedi, *Nanotechnology*, Vol 23, Nro. 27, 275602. IOP Publishing, London, UK, 2012. [4] Nadia C. Vega, Juan H Mecchia Ortiz, M Tirado, Néstor E. Katz and D Comedi. *Mater. Res. Express* 5 075020, IOP Publishing, Londres, UK, 2018. [5] Juan H. Mecchia Ortiz, Nadia Vega, David Comedi, Mónica Tirado, Isabel Romero, Xavier Fontrodona, Teodor Parella, F. Eduardo Morán Vieyra, Claudio D. Borsarelli, Néstor E. Katz. *Inorganic Chemistry*, 52, 4950-4962, Ed. William B. Tolman (ACS), Washington DC, USA, 2013.

## MC-9 BaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>: un superconductor basado en hierro cuasi-unidimensional

Amigó M L<sup>1,2</sup>, Maljuk A<sup>2</sup>, Stahl Q<sup>3</sup>, Wolter A U B<sup>2</sup>, Hess C<sup>2</sup>, Manna K<sup>4</sup>, Felser C<sup>4</sup>, Wurmehl S<sup>2</sup>, Geck J<sup>3</sup>, Seiro S<sup>2</sup>, Büchner B<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Bajas Temperaturas del Centro Atomico Bariloche (CNEA)*

<sup>2</sup> *IFW Dresden, Leibniz Institute*

<sup>3</sup> *Institute for Solid State and Material Physics, TU Dresden,*

<sup>4</sup> *Max-Planck-Institute for Chemical Physics of Solids, Dresden, Germany*

Los superconductores basados en hierro forman una amplia familia de compuestos con temperaturas críticas de hasta ~56K. En su gran mayoría, presentan una estructura cristalina tipo laminar donde los átomos de Fe forman planos y típicamente el compuesto padre es metálico. La fase superconductora aparece al dopar o al aplicar presión. En esta ocasión nos centraremos en un compuesto marcadamente diferente: el semiconductor antiferromagnético BaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>. En este material, los átomos de Fe forman escaleras que le dan a la estructura cristalina un aspecto cuasi-unidimensional. La superconductividad se ha observado bajo una presión hidrostática de ~10GPa, aunque en la literatura hay diversidad de muestras con diferencias en las propiedades físicas, no siempre mostrando superconductividad. En este trabajo presentaremos cómo el desorden inducido por la cantidad de Fe es una clave para entender las propiedades físicas del sistema y explicaremos cómo se pueden crecer monocristales de excelente calidad.

## MC-10 Cálculo mecánico-cuánticos del corrimiento isomérico del <sup>57</sup>Fe y <sup>119</sup>Sn basado en la Teoría de la

## Funcional Densidad. Comparación entre los métodos FP-LAPW, GIPAW y FPLO

Brusasco C<sup>1</sup>, Medina Chanduví H<sup>1</sup>, Mudarra Navarro A<sup>1</sup>, Errico L<sup>1 2</sup>, Gil Rebaza A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Noroeste de la Pcia. de Bueno Aires (UNNOBA), Monteagudo 2772, (2700) Pergamino, Argentina

El corrimiento isomérico es un parámetro hiperfino que nos brinda información fehaciente del estado de oxidación y del entorno del átomo sonda. La espectroscopía Mössbauer es una de las técnicas experimentales ampliamente usada, para las fuentes de Fe y Sn.

Desde el punto de vista teórico, basado en la teoría de la funcional densidad, el método Full Potential Augmented Plane Wave (FP-LAPW) ha sido tradicionalmente usado donde se usa el modelo de carga puntual. Recientemente han aparecido nuevos métodos basado en pseudopotenciales y ondas planas (GIPAW) o con modelos nucleares de tamaño finito (FPLO). En el presente trabajo se hace un estudio comparativo de las virtudes, eficiencia y dificultades de los métodos FP-LAPW, GIPAW y FPLO para describir el corrimiento isomérico del <sup>57</sup>Fe y <sup>119</sup>Sn, los cuales se comparan con medidas experimentales obtenidos de la bibliografía.

## MC-11 Calculos ab initio de propiedades electronicas y estructurales de films delgados ferroelectricos de hafnia

Yacachury J<sup>1 2</sup>, Bai F<sup>1 2</sup>, Di Napoli S<sup>2 3</sup>, Barral M A<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> INSTITUTO DE NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA -CONICET/CNEA- NODO CONSTITUYENTES

<sup>3</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada GlyA -CNEA

Los materiales ferroeléctricos presentan un enorme interés tecnológico debido a su potencial aplicación en memorias ferroeléctricas (FeRAM) y dispositivos memristivos, alrededor de los cuales se desarrolla la llamada electrónica neuromórfica. Se espera que esta última origine una nueva generación de computadoras capaces de realizar de manera más eficiente que las actuales, tareas complejas como el reconocimiento de imágenes o el procesamiento de secuencias temporales como el habla. La miniaturización de dispositivos ferroeléctricos tiene asociada una dificultad intrínseca, originada en la existencia del llamado *campo depolarizante*, que desestabiliza el orden ferroeléctrico en láminas ultra delgadas (unos pocos nanómetros de espesor) de ferroeléctricos

estándar como el BaTiO<sub>3</sub> o el PZT. Desde hace algunos años se estudia intensamente el sistema HfO<sub>2</sub>, y sus óxidos asociados, que tienen la particularidad de presentar ferroelectricidad robusta para espesores ultra delgados. Esto posiciona a dicho material como la primera opción para el desarrollo de dispositivos nanoelectrónicos.

En esta contribución estudiamos, a partir de cálculos de primeros principios basados en la teoría de la funcional densidad, el efecto de la baja dimensionalidad y de la tensión producida por el crecimiento epitaxial, en las propiedades electrónicas y estructurales del HfO<sub>2</sub>. Para comprender el origen de la ferroelectricidad observada experimentalmente, tuvimos en cuenta distintas simetrías cristalinas y comparamos las curvas de Energía Total en función del área inducida por distintos sustratos, para films con distintos espesores.

## MC-12 CÁLCULOS DE VISCOSIDAD Y ENERGÍA DE ACTIVACIÓN

Riveaud L<sup>1 2</sup>, Orozco M<sup>1 2</sup>, Mariano A<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Comahue

<sup>2</sup> Instituto de Investigación en Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería. IITCI CONICET UNCo

En este trabajo trataremos una reformulación de los trabajos hechos por Eyring, Evans y Polanyi simultáneamente sobre el coeficiente de velocidad de reacción y posteriormente sobre la viscosidad. Mediante un modelo de fluido en forma de red logran llegar a la formulación del coeficiente de reacción relacionándolo con la energía libre de Gibbs de activación. Mediante la definición newtoniana de la viscosidad se logra llegar a un modelo de la viscosidad dependiente de la energía libre de activación [1],[2].

$$\eta = \frac{N_A \hbar}{V} \exp\left(\frac{\Delta G}{RT}\right) \quad (3)$$

Basándonos en el trabajo de Han, Fang y Chen [3] en donde se plantea una reformulación probabilística, teniendo en cuenta la probabilidad de que se cree un hueco libre dentro del fluido y la probabilidad de que la molécula pueda saltar a ese hueco, calculamos la viscosidad para compuestos a los cuales ya hemos medido la viscosidad en el laboratorio. La viscosidad en este caso en términos de estas probabilidades y de los parámetros de red del fluido es:

$$\eta = \left(\frac{b}{a}\right)^2 \frac{N_A \hbar}{\alpha \beta V} \exp\left(\frac{\Delta G}{RT}\right) \quad (4)$$

donde  $\alpha$  y  $\beta$  son las probabilidades en juego, y  $a$  y  $b$  son los parámetros de red del fluido. En este trabajo se utiliza el potencial de Lennard-Jones para modelar

el potencial de las moléculas del fluido y así mediante un desarrollo matemático calcular la energía libre de activación para moléculas no polares (específicamente ciertos hidrocarburos). Teniendo ya la energía libre podemos calcular la viscosidad de forma analítica y compararla con la que obtuvimos en el laboratorio para algunos hidrocarburos alifáticos como heptano u octano y algunos ésteres como propanoato de metilo, pentanoato de metilo y otros.

[1] Dan, W. Urry, Henry Eyring (1901- 1981): A 20th century physical chemist and his models, Mathematical Modelling. 1982.

[2] Bird, Stewart y Lightfoot. Fenómenos de transporte, 2da edición, Wiley. 2006.

[3] Han Guangze, Fang Zengke y Chen Mingdong. Modified Eyring viscosity equation and calculation of activation energy based on the liquid quasi-lattice model. Science China Physics, Mechanics and Astronomy. 2010.

### MC-13 **Caracterización de la respuesta a radiofrecuencia de nanopartículas magnéticas a diferentes frecuencias en matrices sólidas y líquidas mediante técnica ESAR.**

Dizeo Cereigido V<sup>1</sup>, Jauregui Capelli E<sup>1</sup>, Medina J E<sup>1</sup>, Basso G A<sup>2 1</sup>, Bruvera I J<sup>2 1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata

<sup>2</sup> Instituto de Física La Plata ? IFLP, CONICET-CCT La Plata, (1900) La Plata, Argentina

Las nanopartículas magnéticas (NPM) pueden ser utilizadas para disipar energía electromagnética mediante calor, con potenciales aplicaciones en tratamientos hipertérmicos tales como la descongelación de órganos preservados criogénicamente, tratamientos oncológicos, etc. Para estas aplicaciones es importante conocer cómo las NPM disipan energía. Este proceso depende tanto de sus propiedades, como de la matriz en la cual se soportan, y de la disposición espacial de las mismas (interacciones dipolares). En este trabajo se midió la respuesta a radiofrecuencias (RF) por inducción de manera de obtener los valores del SAR (Specific Absorption Rate) a partir de los ciclos de histéresis de dos muestras diferentes de NPM en matrices sólidas y líquidas, y a diferentes frecuencias de campo RF. Para esto se utilizó la técnica ESAR (Electromagnetic SAR), que consiste en medir directamente las FEM proporcionales a la derivada temporal de la magnetización de la muestra y del campo aplicado. Esta técnica presenta un gran potencial de aplicación debido a que permite el estudio de muestras sólidas y biológicas de difícil -a veces imposible- caracterización por el método calorimétrico convencional. Por último se analizaron los valores de SAR para las diferentes medidas, comparando tanto entre NPM, como entre las distintas matrices y frecuencias, considerando los mecanismos de relajación de Brown y Néel.

### MC-14 **Caracterización del efecto del Cr en la tran-**

## sición antiferromagnética de la austenita fcc en aleaciones base Fe-Mn con memoria de forma

Arriaga F<sup>1 2</sup>, Guerrero L M<sup>3 2</sup>, Sade M<sup>4 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Materiales Tandil. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Pinto 399 - 7000 Tandil

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Instituto de Física Rosario, UNR-CONICET

<sup>4</sup> Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

Las aleaciones basadas en el sistema  $Fe - Mn$  son materiales que presentan una gran cantidad de aplicaciones tecnológicas gracias a sus propiedades mecánicas. Estas aleaciones son conocidas por presentar el denominado efecto memoria de forma, el cual se caracteriza por permitir al material recuperar su forma inicial al calentarlo luego de una deformación. Esta característica está íntimamente relacionada con una transformación de fase no difusiva denominada martensítica, la cual ocurre entre dos fases metaestables: austenita y martensita.

Las aleaciones que se estudiaron en este trabajo pertenecen a las aleaciones con memoria de forma, y presentan además una transición magnética en su fase austenita, de paramagnética a antiferromagnética. Esta transición se da a una temperatura característica conocida como temperatura de Néel ( $T_N$ ), que en el caso del sistema en estudio se encuentra próxima a la temperatura de transformación martensítica ( $M_S$ ). La existencia de una transición magnética que depende del orden configuracional de la aleación tiene grandes implicancias en la transformación entre las fases al ser no difusiva. También se sabe que la temperatura de Neel es sensible al agregado de otros aleantes que contribuyan magnéticamente.

En este trabajo se estudió la influencia del agregado de  $Cr$  en la temperatura de transición antiferromagnética y sus consecuencias en las propiedades del material. Se midieron las temperaturas de transformación entre austenita y martensita ( $A_S$ ,  $A_F$ ,  $M_S$ ) y las de transición antiferromagnética ( $T_N$ ) para cinco aleaciones con composiciones de  $Fe_{70-x}Mn_{20}Cr_x$  ( $x=2.5, 6.2, 10.1, 12.1$  wt. %) usando técnicas de resistometría. Estas temperaturas mostraron una tendencia a disminuir con el aumento del contenido de  $Cr$ , lo cual se condice con el modelo empírico propuesto por Guerrero et. al. [1]. Para estas mismas aleaciones se determinó el cambio de entropía asociada a la transición magnética a partir de mediciones de calorimetría diferencial de barrido modulada (DSC/MDSC). Los resultados indican una tendencia a disminuir el cambio de entropía magnética con el aumento del agregado de  $Cr$ . Esta observación se respalda con comportamientos similares reportados para otras aleaciones base  $Fe - Mn$  con agregados de  $Si$  [2],  $Co$  [3], y  $Cr_{10}Co_x$  [4].

[1] LM Guerrero Salazar, P La Roca, F Malamud, A Baruj, y M Sade. "Composition effects on the fcc-hcp martensitic transformation and on the magnetic ordering of the

fcc structure in Fe-Mn-Cr alloys". *Materials and Design*, 116 (2017): 127-135.

[2] P La Roca, LM Guerrero, JA Kortsarz, A Baruj, M Sade, y A Fernandez Guillerm. "Anomalous effect of si additions upon the paramagnetic-to-antiferromagnetic transition entropy in fcc high-Mn steels". *Journal of Alloys and Compounds*, 830(2020):154-554.

[3] P La Roca, P Marinelli, A Baruj, M Sade, y A Fernández Guillerm. "Composition dependence of the néel temperature and the entropy of the magnetic transition in the fcc phase of Fe-Mn and Fe-Mn-Co alloys". *Journal of Alloys and Compounds*, 688(2016):594-598.

[4] MD Acciarri, P La Roca, LM Guerrero, A Baruj, J Curiale, y M Sade. "Effect of fcc anti-ferromagnetic ordering on the stability of phases in  $Fe_{60-x}Mn_{30}Cr_{10}Co_x$  high entropy alloys". *Journal of Alloys and Compounds*, 823(2020):153-845.

## MC-15 Caracterización del transporte eléctrico en dispositivos memristivos basados en $HfO_2$ para la producción de *spikes*

Caviglia Román F<sup>1</sup>, Quinteros C<sup>2</sup>, Levy P<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Escuela de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de San Martín

<sup>3</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada, Gerencia de Investigación y Aplicaciones, GAlYANN, Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica.

La conmutación resistiva ocurre cuando un dispositivo modifica su resistencia de forma reversible entre múltiples estados ante un estímulo externo. El proceso de pasar de un estado a otro suele estar caracterizado por el valor del estímulo. Los memristores son dispositivos eléctricos pasivos, con dos terminales, no lineales y cuyo estado, caracterizado por su resistencia  $R$ , es variable. Su principal característica es la dependencia de  $R$  con su historia pasada: los estímulos se hayan aplicado. De sus posibles usos destacan su empleo en memorias no volátiles y su rol emulando el proceso de sinapsis en dispositivos neuromórficos. Estos buscan imitar el funcionamiento del cerebro para realizar cómputos, y servirían como alternativa a las computadoras convencionales desarrolladas en torno a la tecnología CMOS y basadas en la arquitectura memoria-procesador. Las expectativas sobre estos dispositivos se centran en la posibilidad de realizar un sinnúmero de tareas de diversa complejidad en paralelo y con costo energético mínimo. El cambio de  $R$  de los dispositivos memristivos se corresponde con el peso sináptico [1] y, junto a los fenómenos de *acumulación* y *spike-timing dependent plasticity*, los hace candidatos a emuladores de los enlaces entre neuronas. Por otro lado, estos dispositivos pueden estudiarse por su propia capacidad de generar señales. Ante ciertos estímulos, la  $R$  puede presentar inestabilidades (*spikes*): cambios

espontáneos, repetitivos en el tiempo y reversibles en su resistencia no comparables en amplitud con la conmutación resistiva ni con una variación continua. Nos interesa su caracterización en vías de lograr controlarlos a partir del estímulo externo.

En este trabajo se describe primero la estrategia y protocolo para medir spikes generados por un dispositivo memristivo. Este se compone de un apilamiento capacitivo en el que los electrodos corresponden al sustrato de silicio altamente dopado y a una bicapa Co/Pd. El dieléctrico está compuesto por un nanolaminado de  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_x/\text{HfO}_2$ , dando lugar a la estructura Si(dopado)/ $\text{SiO}_2$ (térmico)/ $\text{TiO}_x/\text{HfO}_2/\text{Co}/\text{Pd}$  [2]. Las muestras fueron fabricadas y utilizadas en trabajos previos [3] [4], presentan dos estados de resistencia accesibles en un rango de  $-16$  a  $+16$  V a  $2,3$  M $\Omega$  y  $0,6$  M $\Omega$ , y tienen una curva IV con histéresis y alta repetibilidad. Para la realización de las mediciones se usó un micromanipulador y un analizador de parámetros en una estación de prueba con microscopio. Contactadas a través de sus dos terminales, se midió la corriente (tensión) en función del tiempo aplicando una tensión (corriente) constante sobre el dispositivo polarizado cerca de la región de conmutación. Para obtener un muestreo estadísticamente significativo del comportamiento de  $R$ , se tomaron series de mediciones de hasta 4 horas. Los resultados se dividen en: (i) una descripción general cualitativa de las inestabilidades y la forma de caracterizarlas, (ii) el análisis para las mediciones a tensión constante, (iii) el análisis a corriente constante. Se observó una cantidad de spikes considerablemente mayor cuanto más cerca se estaba de la tensión de conmutación  $V_{th} \simeq 4,5$  V. Las inestabilidades se caracterizaron según su forma -pulsos o escalones-, su duración, amplitud, tamaño y tiempo de aparición. Para explorar la posibilidad de un control se comparó el efecto de diferentes estímulos. Se encontró que, tanto para tensión como para corriente, dentro del rango de parámetros explorados tal control no es posible.

[1] C. Merkel y col., «Neuromemristive Systems: Boosting Efficiency through Brain-Inspired Computing», *Computer*, 10-2016, doi:10.1109/MC.2016.312.

[2] C. P. Quinteros y col., «The Atomic Layer Deposition Technique for the Fabrication of Memristive Devices: Impact of the Precursor on Pre-deposited Stack Materials», *New Uses of Micro and Nanomaterials*, 10-2018. doi:10.5772/intechopen.78937.

[3] R. Zazpe y col., «Resistive switching dependence on atomic layer deposition parameters in HfO<sub>2</sub>-based memory devices», *J. Mater. Chem. C*, 11-2013, doi:10.1039/C3TC31819

[4] R. Zazpe y col., «Resistive switching in rectifying interfaces of metal-semiconductor-metal structures», *Applied Phys. Ltr.*, 08-2013, doi:10.1063/1.4818730.

## MC-16 CARACTERIZACIÓN DE MICRO Y NANOPARTÍCULAS DE NÍQUEL SINTETIZADAS A PARTIR DE UN RESIDUO INDUSTRIAL

Alvian Yañez R B<sup>1</sup>, Martínez Stagnaro S<sup>1 2</sup>, Fernández L<sup>1</sup>, Zysler R<sup>3 4</sup>, Ramos S<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Comahue

<sup>2</sup> *Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas (PROBIEN-CONICET-UNCo)*

<sup>3</sup> *Laboratorio de Resonancias Magnéticas, Centro Atómico Bariloche, Gerencia de Física, CNEA.*

<sup>4</sup> *CONICET*

A partir de un residuo generado en una industria galvanoplástica de la Patagonia Norte de Argentina se obtuvieron partículas magnéticas micro y nano-métricas de níquel, empleando como técnica de síntesis precipitación química por óxido-reducción. Este tipo de tratamiento permite a su vez, reducir el níquel presente en un efluente residual proveniente de una industria electroless, el cual es altamente peligroso para la salud y el medioambiente. De esta manera se logra reducir el contenido de níquel tóxico del efluente, y valorizar el níquel recuperado en la producción de nanopartículas (NPs). En un estudio previo, y utilizando hipofosfito de sodio como agente reductor, fue posible reducir en hasta un 99,5 % el níquel presente en el residuo industrial obteniéndose NPs de Ni utilizadas luego en la elaboración de fluidos magnetorreológicos [1]. La presencia de P identificada en la estructura de los materiales sintetizados conlleva un comportamiento paramagnético, con una baja componente ferromagnética atribuible al Ni.

En el presente trabajo se realizó un tratamiento similar pero utilizando hidracina como agente reductor, con el fin de evitar la formación de NPs con contenido de fósforo e incrementar su carácter magnético. Por otro lado, las partículas obtenidas fueron modificadas superficialmente utilizando el surfactante aniónico dodecil-sulfato sódico (SDS) con la finalidad de estudiar la posible modificación en la carga superficial de las mismas, en vistas de posibles aplicaciones en el campo de la remediación de aguas contaminadas tanto con moléculas orgánicas (cargadas positivamente), como en la remoción de metales pesados.

La mencionada modificación se realizó siguiendo dos rutas: una primer ruta en la que se agregó el surfactante durante la etapa de precipitación del níquel a partir del residuo, y una segunda ruta partiendo de las partículas ya sintetizadas contactando las mismas con una solución de SDS en agitación durante 24 horas.

Tanto las micro y nano-partículas obtenidas por precipitación química, como las obtenidas de las dos rutas de modificación orgánica se caracterizaron por espectrometría infrarroja (IR), difracción de rayos X (DRX), potencial zeta (PZ), realizándose finalmente ensayos de dispersión dinámica de luz (DSL) y la caracterización magnética a través de la medición de las curvas de magnetización. De ésta manera se caracterizó, en primera instancia las partículas primitivas, para luego comparar los resultados de

éstas frente a las modificadas mediante las diferentes rutas de funcionalización; identificando: presencia del surfactante en la estructura, cambio en la carga superficial, distribución de tamaño y efecto del agregado de SDS en la dispersión en medio acuoso.

Los resultados obtenidos evidencian una mejora significativa en la funcionalización efectuada mediante el contacto de las partículas ya sintetizadas con el surfactante (ruta 2) respecto a las obtenidas durante la precipitación química (ruta 1).

Referencias:

[1] Martínez Stagnaro S.Y., Mesquida C.D., Stábile F.M., Zysler R., Ramos S.B., Giaveno A. "Recovery and characterization of nickel particles by chemical reduction method from wastes generated in electroless industry", J. of Hazardous Materials 376, 133-140, 2019.

## MC-17 Caracterización magnética y estudio del efecto magnetocalórico de $La_{0,6}Sr_{0,4}CoO_3$

Morales F<sup>1 2 3 4</sup>, Quintero M<sup>2 1</sup>, Mejía A<sup>5</sup>, Leyva G<sup>2</sup>, Pagnola M<sup>4</sup>, Sacanell J<sup>2 1</sup>

<sup>1</sup> INSTITUTO DE NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA -CONICET/CNEA- NODO CONSTITUYENTES

<sup>2</sup> Laboratorio de propiedades eléctricas y magnéticas de óxidos multifuncionales

<sup>3</sup> Instituto Sabato - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>4</sup> Universidad de Buenos Aires. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería "Hilario Fernández Long". Facultad de Ingeniería. Paseo Colón 850, C1063ACV Buenos Aires, Argentina.

<sup>5</sup> Grupo de Películas Delgadas y Nanofotónica, Departamento de Física, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

En este trabajo se realizó el estudio del EMC y la caracterización estructural y magnética de las muestras de polvos nanoestructurados de  $La_{0,6}Sr_{0,4}CoO_3$  sintetizados por vía húmeda usando como moldes membranas de policarbonato con poros de 200nm (C2) y 800nm (C8) de diámetro y luego se realizó un tratamiento térmico a 800°C (T1) y 1000°C (T2); obteniendo las muestras C2T1, C2T2, C8T1 y C8T2. En la caracterización estructural realizada usando difracción de rayos X y el método de Rietveld se evidenció que las muestras con tratamiento térmico T2 tienen tamaños de partículas mayores que las tratadas a T1. En la caracterización magnética se obtuvieron magnetizaciones de saturación de hasta 34.4 emu/g, campos coercitivos de alrededor a 250 Oe y valores de TC cercanos a la temperatura ambiente. A partir de éstos resultados, estudiamos el EMC calculando los valores del cambio en la entropía máximo ( $\Delta S$ ) para C2T1, C8T1, C2T2 Y C8T2 obteniendo como resultados 0.38 J/Kg/K, 0.32 J/Kg/K, 0,77 J/Kg/K and 1.13 J/Kg/K respectivamente, teniendo

para las muestras C2T2 y C8T2 los máximos se ubican en temperaturas cercanas a la temperatura ambiente.

## MC-18 Caracterización metalográfica de una pieza de artillería histórica perteneciente al Fuerte Independencia - Tandil

Ales A<sup>1 2</sup>, Staneck J P<sup>1 3 4</sup>, Arriaga F<sup>1 3 2</sup>, Jodra S<sup>1 3</sup>, Velázquez D<sup>1 3 2</sup>, Lanzini F<sup>1 3 2</sup>, Stipcich M<sup>1 3 2</sup>, Merlo J<sup>5 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Materiales Tandil

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), 7000 Tandil, Argentina

<sup>4</sup> Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica

<sup>5</sup> Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Paleontológicas del Cuaternario Pampeano

En el marco de un trabajo interdisciplinar entre historiadores, arqueólogos y físicos, frente a los inminentes festejos del bicentenario de la fundación de la ciudad de Tandil, se ha iniciado el estudio sobre una pieza de artillería destinada a la defensa del Fuerte Independencia, que dió origen a dicha ciudad. A pesar de la relevancia histórica de la pieza, los datos sobre su procedencia y uso en los posibles escenarios bélicos son escasos. Más aún, el proceso de fabricación y moldeo de las piezas de artillería en los siglos XVII o XVIII no es del todo conocido, debido a que cada maestro fundidor aplicaba su propia metodología de trabajo con los materiales disponibles en la zona. Por lo tanto, desde el grupo Propiedades Mecánicas y Transformaciones de Fase del IFIMAT se ha procedido al estudio metalúrgico de la pieza para determinar detalles superficiales y estructurales del cañón. El primer análisis nos indica que se trata de un cañón de hierro fundido, de ánima lisa y avancarga [1,2]. De las marcas de fábrica puede inferirse que es de origen francés [3]. Durante el proceso de limpieza, hemos hallado cuatro proyectiles en el interior del ánima. Dos de estos proyectiles son balas de cañón de 8 libras, cuyo material es fundición gris [4]. Los dos proyectiles restantes son perdigones, uno de fundición y otro de plomo, probablemente utilizadas como munición de arma ligera [5].

Con objeto de poder indagar en los métodos de moldeo y fundición de la época y expandir nuestro conocimiento sobre metalurgia histórica, en este trabajo se utilizan diferentes técnicas metalográficas y de microscopía óptica para analizar la macro y la microestructura de los proyectiles, y el acabado superficial de la pieza de artillería.

[1]R. Roth, *A proposed standard in the reporting of historic artillery*, The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration **18.3** (1989),

191-202.

[2] N. C. Ciarlo. *Una síntesis histórica y propuesta para el estudio arqueológico de la artillería de las Armadas Europeas del Siglo XVIII*. Revista de Arqueología Histórica Argentina y Latinoamericana **11** (2007), 5 - 42.

[3] D Bryce. *Weaponry from the Machault. An 18th-century French Frigate*. Studies in Archaeology Architecture and History. National Historic Parks and Sites Branch. Parks Canada, Minister of Supply and Services Canada, 1984.

[4] J. Padányi, J. Ondrék. *Examining lead bullets from the siege of Novi Zrin in 1664*. Journal of Conflict Archaeology, **14.1** (2019), 58-77.

[5] D. Cvikel, E. D. Mentovich, D. Ashkenazi y Y. Kahanov. *Casting techniques of cannonballs from the Akko 1 shipwreck: Archaeometallurgical investigation*. Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy. **49.1** (2013), 107-119.

## MC-19 Caracterización microscópica del acoplamiento magnetoeléctrico en heteroestructuras multiferroicas de FeGa/PMN-Pt

Tortarolo M<sup>1</sup>, Gojman D<sup>2</sup>, Sarmiento A<sup>2 3</sup>, Gómez J<sup>2</sup>, Milano J<sup>2 3</sup>, Piamonteze C<sup>4</sup>

<sup>1</sup> INSTITUTO DE NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA -CONICET/CNEA- NODO CONSTITUYENTES

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CONICET-CNEA, Centro Atómico Bariloche

<sup>3</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>4</sup> Swiss Light Source. Paul Scherrer Institute, Villigen, Suiza

El objetivo de este trabajo es explorar las contribuciones de los efectos magnetoelástico y magnetoeléctrico en la heteroestructura multiferroica artificial  $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x/[\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_2\text{O}_{12}]_n$  a nivel microscópico. Caracterizamos la dependencia de la magnetización con campo eléctrico utilizando dicroísmo circular magnético (XMCD) en muestras con diferente espesor de  $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x$  (2, 3 y 8 nm) con el fin de identificar las contribuciones debidas a la interfaz (apantallamiento de carga), y a la película magnética (efecto magnetoelástico) en el acople magnetoeléctrico total. Nuestros primeros resultados muestran un comportamiento diferente para los distintos espesores, siendo prometedor el hecho de que en la muestra más fina el acople magneto eléctrico presenta diferente comportamiento para polaridades iguales en módulo pero de signo opuesto. Lo que puede indicar apantallamiento electrónico en la interfaz, ya que este efecto depende de la polaridad del campo eléctrico, contrariamente al efecto magnetoelástico que sólo depende del módulo del mismo. La dependencia en la polaridad no se observó en la muestra más gruesa de la serie que presenta un acople magnetoeléctrico simétrico dentro de la incerteza experimental. Por otro lado, hemos realizado mediciones de magnetometría MOKE (Efecto Kerr magnetoóptico) y resonancia ferromagnética con

el propósito de caracterizar la anisotropía magnética en el plano de la muestra. Los primeros resultados muestran la presencia de un eje fácil uniaxial cuyo valor depende del espesor de la muestra y también de la aplicación de campo eléctrico a la heteroestructura.

## MC-20 Caracterización y estudio de las vacancias de oxígeno superficiales en materiales $Ce_{1-x}Pd_xO_{2-\delta}$ ( $0.01 \leq x \leq 0.05$ )

Torres Y M<sup>1</sup>, Prado A<sup>2</sup>, Zimicz G<sup>1</sup>, Prado F D<sup>1</sup>, Sánchez M D<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física del Sur (IFISUR), Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur (UNS), CONICET, Av. L. N. Alem 1253, B8000CPB - Bahía Blanca, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

El estudio de superficies en óxidos metálicos incluye como parte fundamental, el análisis de los diferentes tipos de defectos presentes en la red. Los defectos gobiernan en gran medida las propiedades electrónicas de los óxidos, ofrecen sitios de reacción para átomos y moléculas y sirven como centros de carga que controlan el carácter donante o aceptor del material [1]. Las vacancias, especialmente las vacancias de oxígeno, son los tipos de defectos más estudiados en óxidos, ya que se consideran como el principal defecto superficial químicamente activo [2]. Además, es sabido que, en los óxidos reducibles, la incorporación de un metal noble por sustitución en su estructura, promueve la generación de vacancias de oxígeno debido a la búsqueda de la electroneutralidad. Entre los óxidos más estudiados, el  $CeO_2$  es particularmente interesante, ya que puede crear fácilmente vacancias de oxígeno cuando ocurre la reducción de  $Ce^{+4}$  a  $Ce^{+3}$ . Estudios recientes demuestran que, el paladio es uno de los metales promotores de esta reducción, logrando efectos redox en la ceria a temperaturas menores a 300C [3].

En este trabajo, se sintetizaron materiales de composición  $Ce_{1-x}Pd_xO_{2-\delta}$  con  $x=0, 0.01, 0.03$  y  $0.05$ , a través del método de complejación de cationes con ácido cítrico. La caracterización estructural fue realizada mediante XRD, UV-Vis y RAMAN, y la caracterización superficial a través de XPS. Los catalizadores fueron sometidos a pre-tratamientos de reducción y reducción seguida de calcinación a 300C.

Los análisis DRX, pre- y post-tratamiento (in situ), mostraron cambios en el tamaño de cristalita y el parámetro de deformación (strain). En las muestras sin tratamiento, se encontró una segregación de la fase PdO para  $x=0.05$ . Estos resultados fueron corroborados mediante espectroscopía Raman donde se observaron cambios en la banda  $F_{2g}$  de la ceria, asociados al desorden en la red debido a los defectos de vacancias de oxígeno [4], y la aparición de la banda de vibración del enlace Pd-O para  $x=0.05$ . Los estudios de XPS, pre- y pos-tratamiento (in situ), dan cuenta de la existencia y

evolución de diferentes especies de Pd y de su efecto promotor de la reacción redox en la ceria a bajas temperaturas.

Estos resultados en su conjunto dan cuenta de la potencialidad del uso de estos materiales como catalizadores de reacciones en las cuales: la baja temperatura, la alta dispersión metálica y la reducibilidad del soporte, cumplen un rol fundamental en la performance catalítica.

[1] N. Nilius, et al. Defects at Oxide Surfaces (2015) 29-80. Springer, Cham.

[2] B. Yoon, et al. Science 307 (2005) 403-407.

[3] E.B. Fox, et al. Topics in Catalysis 49.1 (2008) 89-96.

[4] P. Sudarsanam, et al. Langmuir 32.9 (2016) 2208-2215.

## MC-21 **Cinética de cristalización de vidrios calcogenuros de composición $Sb_{70}Te_{30}$ dopados con Sn y Ag**

Rocca J A<sup>1</sup>, Ureña M A<sup>1</sup>, Fontana M R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad de Buenos Aires. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería "Hilario Fernández Long". Facultad de Ingeniería. Paseo Colón 850, C1063ACV Buenos Aires, Argentina.*

El dopaje con elementos metálicos como estaño (Sn) y plata (Ag) ha sido propuesto por otros autores para mejorar el rendimiento de vidrios calcogenuros, con telurio entre sus componentes principales, en su aplicación a memorias de cambio de fase (phase change memories, PCM). Esta aplicación se basa en la gran diferencia en la resistencia eléctrica de los estados amorfo y cristalino en este tipo de aleaciones. En trabajos previos, hemos fabricado películas delgadas de composiciones  $(Sb_{70}Te_{30})_{100-x}Y_x$  (con  $Y=Sn$  o  $Ag$  y  $0 \leq x \leq 7.5$  porcentaje atómico) empleando la técnica de ablación láser usando un láser pulsado. Encontramos que cuando estas películas son calentadas muestran una fuerte caída de la resistencia eléctrica en un rango de temperatura estrecho. Calorimetría diferencial de barrido y difracción de rayos x son técnicas que hemos utilizado para la caracterización de estas películas. En este trabajo, presentamos una comparación de los resultados obtenidos a partir de los tratamientos térmicos hechos por calorimetría diferencial de barrido y cuando se realizan las medidas de resistencia eléctrica en ambos tipos de aleaciones, las dopadas con Ag así como las dopadas con Sn. Los productos de cristalización, las temperaturas de onset y de pico en la cristalización, así como la energía de activación son analizados.

## MC-22 **Comparación de la contribución de diferente**

## tamaño de porosidad en espectros PALS simulados en pasta de cemento

Salgueiro W<sup>1 2 3</sup>, Tognana S<sup>1 2 3</sup>, Montecinos S<sup>1 4 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Materiales de Tandil - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

<sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Calle 526 entre 10 y 11, 1900 La Plata, Argentina

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina

<sup>4</sup> CONICET

Un análisis de la porosidad y su diferente tipo y tamaño observada en pasta de cemento reviste importancia desde el punto de vista tanto de aplicación como teórico en estudios de hidratación y resistencia de uno de los componentes del hormigón, material de gran importancia e intensivamente usado a nivel global. Con base en resultados experimentales obtenidos mediante la técnica de tiempo de vida de aniquilación de positrones (PALS) se simulan espectros que incluyen componentes distribuidas correspondientes a aniquilación de orto-positronio en porosidad de pasta de cemento. Se busca dilucidar la contribución a los espectros experimentales de los diferentes tamaños de porosidad con la intención de interpretar esos resultados donde la baja intensidad de dichas contribuciones dificulta su estudio. Lo obtenido mediante simulaciones se discute en comparación con resultados reportados en la bibliografía.

## MC-23 Comportamiento de quelatos de quercetina en solución

Campo M G, Corral G M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de La Pampa

Un quelato es un complejo compuesto por un átomo de metal central unido a un ligando (molécula grande) en una estructura cíclica o de anillo. En particular estudiamos quelatos de quercetina ( $C_{15}H_{10}O_7$ ), una de los principales flavonoides presentes en la dieta del ser humano. En solución y en ciertas condiciones, la quercetina pierde protones transformándose en quinona, para luego incorporar iones convirtiéndose en quelato. Los quelatos aumentan la capacidad antioxidante de la molécula original, y de allí el interés científico en su estudio. En este trabajo analizamos el comportamiento en solución de la quinona  $C_{15}H_8O_7$ , y el quelato  $C_{15}H_8O_7Cu^{2+}$  utilizando Dinámica Molecular Clásica. La topología de las moléculas se basa en el campo de fuerzas Amber99, y como solvente se usa el agua SPC/E. La distribución de cargas se calcula mediante el análisis Mulliken con el módulo dft de NWChem. Analizamos la hidratación y el comportamiento dinámico de las moléculas mediante el estudio de

las funciones de distribución radial, puentes de hidrógeno, y coeficiente de difusión entre otros. Este estudio nos permite hacer un análisis comparativo de los cambios producidos en la queretina en solución al perder los protones e incorporar el ión.

## MC-24 Condensación de Bose-Einstein y entrelazamiento en sistemas finitos de bosones impenetrables: una extensión al modelo de la estrella de Hubbard

Ríos E<sup>1</sup>, Alcoba D R<sup>2 3</sup>, Capuzzi P<sup>2 3</sup>, Oña O B<sup>1</sup>, Torre A<sup>4</sup>, Lain L<sup>4</sup>, Schneider D<sup>5</sup>, Massaccesi G E<sup>6 7</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas, Universidad Nacional de La Plata, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Diag. 113 y 64 (S/N), Sucursal 4, CC 16, 1900 La Plata, Argentina.

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Instituto de Física de Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup> Departamento de Química Física, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco. Apdo. 644, E-48080 Bilbao, España.

<sup>5</sup> Grupo de Física Estadística e Interdisciplinaria, Centro Atómico Bariloche, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, 8400 S.C. de Bariloche, Argentina.

<sup>6</sup> Instituto de Investigaciones Matemáticas "Luis A. Santaló"(IMAS), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.

<sup>7</sup> Departamento de Ciencias Exactas, Ciclo Básico Común, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.

Una de las mayores diferencias entre fermiones y bosones es que los estados fermiónicos presentan un número de ocupación máximo igual a la unidad, mientras que el número de ocupación para estados bosónicos está solo limitado por el número total de partículas. Sin embargo, para bosones con una fuerte interacción repulsiva o para bosones compuestos por fermiones, comúnmente conocidos como bosones impenetrables, resulta natural preguntarse hasta qué punto pueden ocuparse los estados, ya que el Principio de Exclusión de Pauli para los fermiones constituyentes limita el número de ocupación de estas partículas. Recientemente, se ha demostrado que la propia naturaleza de este tipo de bosones impone un límite superior universal y no trivial sobre la población de un condensado de Bose-Einstein [1,2]. En esta comunicación se discutirá este resultado, analizando su relación con el problema de la N-representabilidad de las correspondientes matrices de densidad reducida, y proponiendo un sistema modelo finito que alcanza dicho límite en función de un parámetro de control. El modelo está

basado en una extensión del Hamiltoniano de la denominada estrella de Hubbard, es de factible realización experimental, y permite explorar propiedades de coherencia y entrelazamiento entre partículas de manera analítica.

#### Referencias

- [1] F. Tennie, V. Vedral, and C. Schilling, Phys. Rev. B 96, 064502 (2017).  
 [2] M. Máté, Ö. Legeza, R. Schilling, M. Yousif, and C. Schilling, Comm. Phys. 4, 29 (2021).

## MC-25 Corrientes de bombeo cuántico inducidas por vibraciones en nanocintas de grafeno

Ribetto F D<sup>1 2</sup>, Elaskar S A<sup>3</sup>, Calvo H L<sup>1 4</sup>, Bustos-Marún R A<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola (CONICET-UNC)

<sup>2</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional de Río Cuarto

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Químicas - Universidad Nacional de Córdoba

<sup>4</sup> Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba

Los sistemas nanoelectromecánicos (NEMS) son una clase de dispositivos que integran funcionalidad eléctrica y mecánica en la nanoescala. Estos dispositivos, de dimensiones de cientos a unos pocos nanómetros, poseen diferentes potenciales aplicaciones; como ser el procesamiento de señales, el almacenamiento de datos, como detectores ultrasensibles, y hasta en la recolección de energías residuales [1].

Diversos sistemas carbonosos se han convertido en componentes básicos para la construcción de NEMS. Particularmente, las nanocintas de grafeno (NCGs) suspendidas constituyen NEMS prometedores como detectores de masa, fuerza y carga [2]. Sin embargo, diversos fenómenos pueden inducir corrientes alternas que resultan adversas para este fin. Por ejemplo, a temperatura ambiente, las NCGs están en constante movimiento dando lugar a oscilaciones medibles de la corriente eléctrica [1]. Otros fenómenos como la propagación de ondas vibracionales a través del material o la aplicación de voltajes de compuertas dependientes del tiempo también pueden provocar este efecto [2]. Hasta ahora, la mayoría de los estudios realizados sobre la generación de corrientes eléctricas inducidas por vibraciones se basan en modelos clásicos de capacitancias dependientes del tiempo [1].

En este trabajo adoptamos un enfoque cuántico y analizamos las contribuciones a la corriente debidas al bombeo cuántico adiabático surgido de la variación de parámetros de las NCGs, como las energías de sitio y los acoples entre ellas. Si bien el valor promedio de esta corriente inducida es nulo, la misma puede contribuir de manera instantánea a la corriente total y, por ende, al ruido en la misma. En particular, estudiamos las contribuciones de los modos vibracionales de más baja frecuencia de una NCG suspendida. Para ello, adaptamos la descripción teórica del bombeo cuántico

adiabático al caso genérico de oscilaciones de modos normales vibracionales [3]. Esto requiere del conocimiento de la matriz de dispersión del sistema, la cual es obtenida a partir de un modelo tight-binding resuelto numéricamente mediante el paquete Kwant [4].

### Referencias:

- [1] P. M. Thibado, P. Kumar, S. Singh, M. Ruiz-Garcia, A. Lasanta & L. L. Bonilla, *Fluctuation-induced current from freestanding graphene*, Phys. Rev. E **102**, 042101 (2020).
- [2] D. Garcia-Sanchez, A. M. van der Zande, A. San Paulo, B. Lassagne, P. L. McEuen & A. Bachtold, *Imaging mechanical vibrations in suspended graphene sheets*, Nano Lett. **8**, 1399 (2008).
- [3] R. A. Bustos-Marún, *Geometric rectification for nanoscale vibrational energy harvesting*, Phys. Rev. B **97**, 075412 (2018).
- [4] C. W. Groth, M. Wimmer, A. R. Akhmerov & X. Waintal, *Kwant: a software package for quantum transport*, New J. Phys. **16**, 063065 (2014).

## MC-26 Crecimiento de Sn sobre Ag(111) a bajas temperaturas.

Fuhr J D<sup>1</sup>, Gayone J E<sup>2</sup>, Ascolani H<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física del Sur - Universidad Nacional del Sur

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CONICET-CNEA, Centro Atómico Bariloche

A partir del descubrimiento del grafeno y de sus propiedades extraordinarias se ha disparado un enorme interés por extender el rango de materiales bidimensionales (2D) más allá del grafeno. Entre ellos, interesan especialmente aquellos donde el acoplamiento espín-orbita (E-O) es importante debido a que presentan propiedades electrónicas muy peculiares que tienen amplia aplicación en la fabricación de dispositivos para espintrónica.

La característica esencial de cualquier acoplamiento E-O es que, incluso en ausencia de un campo magnético aplicado externamente, los electrones que se mueven en un campo eléctrico experimentan un campo magnético efectivo en su marco de movimiento, que se acopla al momento magnético intrínseco del electrón. Este acoplamiento es causa de curiosos fenómenos, como el efecto Hall de espín, donde una corriente eléctrica puede generar una corriente transversal de espines, y viceversa.

En la búsqueda de nuevos materiales 2D con alto acoplamiento E-O, la comunidad del área de física de superficies puso mucho énfasis en la investigación de los denominados Xenos, es decir, materiales 2D análogos al grafeno formados por los elementos más pesados de las columnas IV y V de la tabla periódica. Hasta el momento son muy pocos los Xenos que han podido sintetizarse en la forma no-soportada, por lo que la

mayoría de los Xenos existen sólo adsorbidos sobre el sustrato en que fueron crecidos. Existen actualmente varios ejemplos de Xenos entre los cuales se destaca el caso de bismuteno crecido sobre las superficies SiC(0001) a temperatura ambiente. [1] Existen además varios resultados positivos utilizando superficies de metales nobles como sustrato, a pesar de que la formación de la estructura de panal-de-abejas deseada se ve a menudo obstaculizada por la formación de aleaciones superficiales. Una manera de evitar aleaciones es realizar el crecimiento a temperaturas suficientemente bajas como para que el proceso de intercambio atómico está desactivado. En este sentido, dos casos positivos notables reportados recientemente son estaneno/Cu(111) [2] y bismutheno/Ag(111) [3] crecidos con el sustrato a 150K. Siguiendo esta línea de trabajo, nosotros investigamos el crecimiento de Sn sobre Ag(111) a 150K con el propósito de obtener estaneno.

En el presente trabajo estudiamos el crecimiento de Sn depositado en la superficie Ag(111) mantenido a bajas temperaturas ( $<170$  K). Los experimentos LEED muestran la formación de dos fases, una fase  $(4 \times 4)$  para la cobertura entre 0.17 ML y 0.65 ML y una  $(\sqrt{7} \times \sqrt{7})R19$  que aparece a una cobertura de 0,75 ML. Las imágenes STM de alta resolución obtenidas para una cobertura de 0.37 ML, correspondiente a la primera fase, muestran casi islas planas que presentan un orden local con una periodicidad  $(4 \times 4)$ . Los resultados indican que dichas islas corresponden a una capa pura de Sn con una estructura cristalina que presenta motivos cerrados (triángulos) y abiertos (pentágonos y hexágonos deformados).

En conclusión, observamos que el Sn depositado sobre Ag(111) a 150 K forma una estructura abierta la cual no corresponde a la estructura panal-de-abejas del estaneno. Los cálculos DFT realizados muestran que una estructura panal-de-abejas de Sn adsorbida sobre Ag(111) formando una superestructura  $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})R30$  sería energéticamente competitiva con la estructura  $(4 \times 4)$  observada. Los resultados teóricos obtenidos sugieren que la causa por la que no se forma estaneno sería la alta estabilidad de estructuras compactas de Sn con 3 y 4 vecinos que se forman en las primeras etapas del crecimiento. [4]

[1] Bismuthene on a SiC substrate: A candidate for a high-temperature quantum spin Hall material, *Science* 357, 287-290 (2017).

[2] Epitaxial growth of ultraflat stanene with topological band inversion; J. Deng, et al. *Nature Materials* 17, 1081 (2017).

[3] Epitaxial Growth of Ultraflat Bismuthene with Large Topological Band Inversion Enabled by Substrate-Orbital-Filtering Effect; S Sun, et al.; *ACS Nano* 16, 1, 1436 (2022).

[4] Growth of Open Honeycomb-like Sn Structures on Ag(111) at Low Temperatures; J. D. Fuhr, J.E. Gayone, and H. Ascolani; *J. Phys. Chem. C* 125, 45, 25332 (2021).

## cristalización de amorfos de composición $\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30}$

Rocca J A<sup>1</sup>, Ureña M A<sup>1</sup>, Fontana M R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad de Buenos Aires. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería "Hilario Fernández Long". Facultad de Ingeniería. Paseo Colón 850, C1063ACV Buenos Aires, Argentina.*

Uno de los posibles usos de los vidrios calcogenuros es su aplicación en dispositivos de memorias de cambio de fase (phase change memories, PCM). El funcionamiento de estas memorias no volátiles se basa en emplear una aleación con elementos calcogenuros como material sensible, utilizando el gran contraste en la resistencia eléctrica entre los estados amorfo y cristalino. Se destaca la aleación  $\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30}$  (porcentaje atómico) entre los materiales calcogenuros con estas propiedades. Por otro lado, el conocimiento de los mecanismos microscópicos de la cristalización de aleaciones amorfas permite el control microestructural para optimizar propiedades. En este punto, la calorimetría diferencial de barrido (DSC) ha sido ampliamente utilizada para la determinación de la estabilidad térmica de las aleaciones amorfas. Previamente hemos comenzado el estudio de la cinética de cristalización de aleaciones amorfas de composición  $\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30}$ . En este trabajo se ha aplicado un procedimiento basado en la denominada hipótesis isocinética para realizar el análisis cinético de los datos calorimétricos de calentamiento continuo e isotérmico de aleaciones vítreas en aleaciones de composición  $\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30}$ . En particular la denominada curva maestra de la cinética de cristalización de esta aleación es determinada.

## MC-28 Daño por hidrógeno en bloques de tungsteno en un reactor nuclear híbrido

Zalcman A<sup>1</sup>, Gervasoni J<sup>2 1 3</sup>, Furnari J C<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *CONICET*

<sup>2</sup> *Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>3</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>4</sup> *Centro Atómico Ezeiza - Comisión Nacional de Energía Atómica*

El objetivo de este trabajo es caracterizar y comparar la respuesta a la presencia de hidrogeno y sus isotopos (Denterio y Tritio) en un reactor nuclear híbrido, de bloques compuestos por una matriz de tungsteno (W) puro, con nanotubos de aleaciones de carburo de tungsteno (CW) y con W dopado con nanoesferas de oxido de ytrio. Dada la complejidad que representa el estudio de los sistemas relacionados con el hidrógeno, las interacciones metal-hidrogeno son estudiados usando modelos diferentes. Uno de ellos, basado en el formalismo de la funcional densidad [1] es el llamado modelo de jellium [2], donde el metal se sustituye por un gas uniforme de electrones y un fondo de cargas positivas con la misma densidad media, que mantiene la neutralidad del

metal. Este es el modelo que usaremos en el presente trabajo.

Para cada uno de los materiales se analizarán los requerimientos estructurales que estos tienen en un reactor de fusión, y se modelará y simulará la interacción de partículas hidrogenoides del plasma (H, D, Tr) con la superficie del material considerado. Se compararan nuestros resultados con datos teóricos [3,4] y experimentales confiables, como los estudios de daño por hidrógeno realizados en bloques de Zircaloy<sup>4</sup>. Dicho material es usado ampliamente en los reactores de fisión por su alta resistencia a los daños por radiación, y en su fase  $\beta$  posee la misma estructura cristalina que el W: cúbica centrada en cuerpo. Esto permite suponer un comportamiento similar frente al daño provocado por la incidencia del hidrógeno en condiciones de alta temperatura, presión y radiación presentes en un reactor híbrido.

[1] W Kohn, LJ Sham, Phys. Rev. Vol. 140, A1133(1965).

[2] SA Serebrinsky, JL Gervasoni, JP Abriata, VH Ponce, Mater. Sci. 33, pp. 167-171 (1998).

[3] SS Beneitez, JL Gervasoni, JC Furnari, Journal of Energy and Power Engineering, Vol. 12, pp. 16-25, (2018).

[4] C Carabajal, JL Gervasoni and A Fernandez, Journal of Energy and Power Engineering 14 (2020) 268-272

## MC-29 Deformación de la red cristalina en cristales naturales de rodocrosita a temperaturas muy bajas ( $T < 100$ K)

Correa V F<sup>1 2</sup>, Sereni J G<sup>1 2</sup>, Márquez Zavalía M F<sup>3 4</sup>, Haberkorn N<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), UNCuyo, CONICET, Mendoza

<sup>4</sup> Mineralogía y Petrología, Facultad de Artes y Diseño, Universidad Nacional de Cuyo

El carbonato de manganeso  $MnCO_3$ , coloquialmente conocido como rodocrosita o rosa del inca, es la piedra nacional argentina. Los cristales naturales tienen un color rosado translúcido de gran belleza, razón por la cual son catalogados como piedras preciosas. A temperatura ambiente o superiores (temperaturas de interés geológico) la rodocrosita es no-magnética. Sin embargo, alrededor de  $T = 35$  K (temperaturas de interés para la física de la materia condensada) sufre una transición magnética. Esta fase magnética está caracterizada por la coexistencia de correlaciones ferro- y antiferro-magnéticas, cuyo balance es, además, fuertemente dependiente de pequeñas concentraciones de impurezas, principalmente Fe. Es posible sintetizar cristales de alta pureza en el laboratorio. Sin embargo, sólo se obtienen muestras muy pequeñas, de

unos cientos de micrones. Los cristales naturales, por otro lado, pueden conseguirse en dimensiones cercanas al centímetro y de muy buenas propiedades cristalinas. En este trabajo estudiamos las propiedades de la red atómica a bajas temperaturas en cristales naturales de  $\text{MnCO}_3$  procedentes de la veta 25 de Mayo de la mina Capillitas en la provincia de Catamarca. Las muestras son monocristalinas de estructura romboédrica y poseen impurezas de Fe, Mg, Ca en concentraciones orden 1 %. Empleando un dilatómetro capacitivo medimos la expansión térmica. La contribución de los fonones al coeficiente de expansión térmica es extremadamente anisotrópica, siendo 20 veces mayor a lo largo del eje cristalográfico  $c$  respecto del eje  $a$ . A  $T_0 \approx 30$  K se observa una pronunciada contracción de la red atómica que acompaña al ordenamiento magnético. No se observa histéresis térmica en la transición. A pesar de este marcado acople magnetoestructural, los efectos de un campo magnético aplicado (magnetostricción) son moderados y con poca dependencia en la dirección del campo. Para temperaturas menores a  $T_0$ , sin embargo, la red atómica sufre un cambio abrupto a campos pequeños ( $B \approx 0.5$  T) probablemente asociado a una reorientación magnética.

## MC-30 Dependencia de las propiedades estructurales con la temperatura del sustrato en películas de carbono amorfo depositadas por PVD

Torres S<sup>1 2</sup>, Frattini G<sup>3 2</sup>, Silva L I<sup>4</sup>, Aguirre A<sup>5</sup>, Repetto C E<sup>1 2</sup>, Gómez B J<sup>1 2</sup>, Dobry A<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

<sup>2</sup> Instituto de Física Rosario, UNR-CONICET

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas - Universidad Nacional de Rosario

<sup>4</sup> INTEMA, Facultad de Ingeniería, CONICET - Universidad Nacional de Mar del Plata

<sup>5</sup> Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, CONICET-UNL

Realizamos un estudio sistemático de cómo la temperatura del sustrato influye en las propiedades estructurales de las películas de carbono depositadas por medio de la técnica PVD (physical vapour deposition). Se adaptó un sistema de calentamiento dentro de la cámara de deposición, donde se alcanzaron temperaturas hasta los 700°C. La caracterización parte principalmente del análisis de los espectros Raman, donde se observa la evolución de los picos **G** y **D** que corresponde al material en su fase amorfa. Al aumentar la temperatura del sustrato, las zonas sp<sup>2</sup> aumentan y se ve el desplazamiento a la derecha del pico **G** y el aumento de la relación  $I_D/I_G$ . Un pico  $D + D'$  aparece a 700°C indicando que tenemos un grafeno altamente defectuoso y nos encontramos más cerca de una transición de carbono amorfo a una capa de grafeno. Además se estima la relación del Tauc gap de energía, encontrando valores del orden de los 2,29 eV y se realiza el estudio de FTIR por transmisión en algunas

de las temperaturas intermedias determinando el tipo de enlace a bajas frecuencias 1730 [ $\nu(\text{C}=\text{O})$ ], 1550 [ $\nu(\text{C}=\text{C})$  o  $\nu$  como (OCO)], 1460 [ $\delta(\text{CH})$ ], 1420 [ $\delta(\text{CH})$  o  $\nu_s$  (OCO)], 1260 y 1078  $\text{cm}^{-1}$  [ $\nu(\text{C}-\text{OH})$ ].

## MC-31 Desarrollo de herramienta computacional para la obtención de esqueleto y grafo de conectividad de estructuras nanoporosas

Zonana M C<sup>1</sup>, Vazquez N<sup>1</sup>, Ruestes C J<sup>2</sup>, Millán E N<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Instituto Interdisciplinario de Ciencias Básicas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),

<sup>3</sup> Instituto para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - Universidad Nacional de Cuyo

Los metales nanoporosos, también conocidos como nanoespumas metálicas, cuentan con propiedades mecánicas excepcionales y sus aplicaciones resultan muy variadas, incluyendo componentes para la industria nuclear, aeroespacial, electrónica, química y de biomateriales. El interés en estudiar las propiedades mecánicas de los metales nanoporosos se ha incrementado durante la última década [1]. Más recientemente, se ha hecho foco sobre el rol de la topología de las nanoespumas en propiedades como el módulo de elasticidad y la tensión de fluencia de las mismas, utilizándose tanto estudios experimentales (microscopía y tomografía electrónica) como estudios computacionales (simulaciones atomísticas). Para el análisis de micrografías/tomografías y la determinación del grado de conectividad del material, existen diversas herramientas, como AQUAMI [2], BoneJ [3] y MATLAB-Skeletonize [4]. Sin embargo, no se cuenta con una herramienta que analice de igual manera muestras computacionales atomísticas de materiales nanoporosos.

El objetivo de este trabajo es generar una herramienta computacional que permita analizar el grado de conectividad de la red de ligamentos en muestras atomísticas. En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos a partir del desarrollo de esta herramienta informática que permite la caracterización de las muestras atomísticas, obteniendo tanto el esqueleto de la muestra como el grafo de conectividad asociado al mismo. Esta herramienta permitirá brindar nuevos conocimientos sobre el comportamiento mecánico de los metales nanoporosos, correlacionando sus propiedades mecánicas con el grado de conectividad de los mismos.

[1] H.-J. Jin, et al, MRS Bulletin (2018), 43(1), 35-42.

[2] J. Stuckner, et al, Computational Materials Science (2017) 139, 320-329.

[3] R. Domander, et al, Wellcome Open Research, (2021) 6, 37.

[4] P. Kollmannsberger, et al, *New Journal of Physics* (2017), 19:073019.

## MC-32 **Desarrollo de un detector de fotones basado en resonadores superconductores de alta inductancia cinética**

Ramos Villalobos K J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

Un detector de fotones de inductancia cinética (KID) consiste en un resonador microondas fabricado con un material superconductor. La absorción de fotones de energía mayor al doble del gap superconductor genera cuasipartículas que cambian la frecuencia de resonancia mediante el cambio en la inductancia cinética [1].

En este trabajo analizamos el diseño de estos detectores mostrando como se puede aumentar la responsividad usando superconductores de alta inductancia cinética [2]. Discutimos también los detalles de la fabricación de los primeros prototipos de detectores y las perspectivas hacia el desarrollo de arrays de pixels.

[1] P Day et al, *Nature* 425 (2003)

[2] L Grünhaupt et al, *Nature materials* 18 (2019)

## MC-33 **Desarrollo e implementación en lenguaje Julia de un algoritmo de clusters para la simulación Monte Carlo de microemulsiones**

Zanini N<sup>1</sup> <sup>2</sup>, De Virgiliis A<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata*

<sup>2</sup> *Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos, CONICET-UNLP*

Las mezclas de fluidos conteniendo tensoactivos son de interés actual tanto en la ciencia básica como en la industria, con aplicaciones en diversos campos: recuperación de petróleo, industria alimenticia, cosmética, productos de limpieza, entre otras. En este trabajo se estudian transiciones de fase y estructura para una mezcla ternaria de agua, aceite y surfactante en una región del diagrama de fase donde se observa la formación de microemulsiones. Esto se lleva a cabo mediante simulaciones Monte Carlo empleando una versión adaptada del algoritmo de Wolff ("single cluster flip"), aplicado a un modelo de espines que contiene interacciones competitivas y presenta frustración. Para esto se optó por utilizar el lenguaje de programación Julia el cuál es un lenguaje de alto nivel y desempeño para la computación científica. Algunos de los motivos principales para considerar este lenguaje son que dispone de un compilador avanzado, mecanismos estandarizados para la ejecución en paralelo y en forma

distribuida, y además cuenta con una extensa biblioteca de funciones matemáticas. De esta manera se estudiaron magnitudes físicas como la energía, el calor específico, o la concentración de componentes, en función de las constantes de intercambio  $J$  y  $M$  que definen al modelo, en un rango de interés. Por último, se calculó el factor de estructura a temperatura fija para ciertos puntos característicos del diagrama de fase, mostrando otra forma de caracterizar las microemulsiones.

## MC-34 **Detección de corrientes de espín en bicapas ferromagnéticas FePt/Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> y tricapas FePt/Al/Ni<sub>80</sub>**

Blatter G<sup>1</sup>, Butera A<sup>2</sup>, Gomez J<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.*

<sup>3</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)*

El estudio de corrientes de espín utilizando el mecanismo de "spin pumping" se realiza habitualmente utilizando bicapas en las que una película es ferromagnética y la otra un metal no magnético. En el presente estudio se crecieron bicapas FePt/Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> y tricapas FePt/Al/Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> de distintos espesores con el objetivo de investigar la inyección y detección de corrientes de espín entre dos metales ferromagnéticos.

La caracterización magnética de las muestras se realizó con técnicas de espectroscopía de resonancia ferromagnética (FMR), magnetometría de muestra vibrante (VSM), y magnetometría por efecto Kerr magneto-óptico (MOKE). Para las bicapas, el resultado obtenido es que las muestras se encuentran magnéticamente acopladas, observándose una única línea de absorción en todas las muestras según las mediciones de FMR, y un único lazo de histéresis según las mediciones de magnetometría. En el caso de las tricapas, las que poseían mayor espesor de aluminio mostraron estar poco acopladas, obteniéndose dos líneas de absorción correspondientes a cada material presente, y lazos de histéresis con reversión de la magnetización en dos campos distintos. Tanto las bicapas como las tricapas presentaron anisotropía uniaxial.

En cuanto a las mediciones de efecto Hall de espín, en el caso de las bicapas se detectó una tensión cuya forma en función del campo magnético tenía visiblemente dos componentes, una simétrica y una antisimétrica. Dado que los materiales en las bicapas estaban magnéticamente acoplados, una posible explicación para la presencia de esta tensión podría ser el efecto Hall de espín auto inducido, cuyo origen está actualmente en debate. En el caso de las tricapas, para las de mayor espesor de aluminio se obtuvieron curvas de tensión que resultan de combinar dos curvas simétricas, pero con signos opuestos. Este resultado sugiere que las tensiones medidas provienen del efecto Hall de espín inverso, y en consecuencia los dos materiales presentes tienen ángulo Hall de espín con igual signo.

## MC-35 Determinación de la dependencia de la intensidad dispersada con el número atómico ( $Z$ ) en imágenes de microscopía electrónica de transmisión con contraste de $Z$ .

Torres T E<sup>1</sup>, Haberhorn N<sup>2</sup>, Tolley A<sup>3</sup> <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)

<sup>2</sup> Laboratorio de Bajas Temperaturas, Centro Atómico Bariloche, CNEA

<sup>3</sup> Grupo Física de Metales, Gerencia Física, Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Bariloche

En la microscopía electrónica de transmisión y barrido, o STEM por su sigla en inglés, se incide con un haz de electrones enfocado en un punto pequeño sobre la muestra que se quiere caracterizar, el cual se barre sobre la misma [1]. La imagen se construye capturando, para cada posición del haz sobre la muestra una porción de los electrones que han atravesado la misma, sufriendo diferentes procesos de interacción con los átomos del material. Mediante un detector anular, la señal que se recoge corresponde a los electrones dispersados en un rango angular que se puede controlar variando las condiciones de operación. Cuando la señal corresponde a electrones dispersados en ángulos grandes con respecto a la dirección del haz incidente, la imagen presenta contraste de número atómico, es decir, que la intensidad en cada punto depende principalmente del número atómico de los átomos de la región iluminada por el haz. En este caso, la intensidad es proporcional a  $Z^\beta$ , donde  $\beta$  es cercano a 2. Un exponente igual a 2 correspondería a la intensidad dispersada en la interacción conocida como scattering de Rutherford entre un haz de electrones y el núcleo de un átomo de número atómico  $Z$ . Este tipo de imágenes se conocen con el nombre de 'campo oscuro anular de alto ángulo en modo de barrido-transmisión', o HAADF-STEM por su sigla en inglés.

En este trabajo se desarrolló un método para determinar experimentalmente el exponente  $\beta$  en imágenes con contraste de número atómico en el microscopio electrónico de transmisión Tecnai F20 del Centro Atómico Bariloche. Conocer el valor de este exponente permite extraer información cuantitativa de la composición local de una muestra analizando la distribución de intensidad en imágenes de HAADF-STEM. Para ello se diseñó una muestra de tipo multicapa formada por elementos con un amplio rango de números atómicos. Los elementos elegidos para formar la multicapa fueron: C, Cr, Mo, Gd y W. La multicapa se preparó mediante sputtering utilizando blancos de alta pureza en una atmósfera de Ar, depositando las sucesivas capas sobre un sustrato de Si. Utilizando la técnica de tallado con haz de iones focalizados (FIB), a partir de una colaboración con el Laboratorio de Microscopías Avanzadas (LMA) de

Zaragoza, España [2], se extrajo una lámina delgada de sección transversal para su caracterización por medio de microscopía electrónica de transmisión.

Utilizando el microscopio Tecnai F20, se obtuvieron imágenes de HAADF-STEM en condiciones tales que el ángulo de dispersión de los electrones capturados por el detector anular sea el mayor posible, de manera de maximizar el contraste de número atómico. En estas imágenes, las capas correspondientes a cada elemento se observan con diferentes intensidades de acuerdo al número atómico de cada una. Asimismo, utilizando el espectrómetro GIF Quantum ER instalado en el microscopio Tecnai F20, se determinó un mapa de espesores de la lámina delgada mediante espectroscopía de pérdida de energía (EELS) [3]. De esta manera, fue posible correlacionar la intensidad en la imagen HAADF-STEM con el espesor local en cada punto de la muestra.

Se analizó la variación de la intensidad en las capas de cada elemento considerando que la misma es proporcional a  $n.Z^\beta$ , donde  $n$  es el número de átomos en el volumen de la muestra iluminado por el haz de electrones en cada punto. Dicho volumen se consideró como un cilindro de radio igual al radio del haz de electrones y de altura igual al espesor local de la muestra. A partir de los datos de intensidad y espesor local en cada capa se determinó el valor del exponente  $\beta$  correspondiente a las condiciones experimentales mencionadas.

[1] Imaging in Scanning Transmission Electron Microscopy S. J. Pennycook, en Transmission Electron Microscopy, Diffraction, Imaging and Spectroscopy, D. B. Williams y C. Barry Carter Eds. Springer (2016)

[2] Se agradece el uso del microscopio Dual Beam Helios Nanolab del LMA.

[3] Electron Energy-Loss Spectroscopy in the Electron Microscope, 3d Edition, R. Egerton, Springer (2011)

## MC-36 Determinación del diagrama de fases $H - T$ del $\text{TbCoIn}_5$ mediante calorimetría

Pedrazzini P<sup>1 2 3 4</sup>, Cejas Bolecek N R<sup>1</sup>, Betancourth D<sup>1 5</sup>, García D J<sup>1 2 3</sup>, Correa V F<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> CONICET

<sup>4</sup> IFW Dresden, Leibniz Institute

<sup>5</sup> Sociedad Colombiana de Ingeniería Física, Pereira, Colombia

El  $\text{TbCoIn}_5$  pertenece a la familia de compuestos tetragonales  $\text{RMIn}_5$ , en la que R es un lantánido y M es un metal de transición. Estos compuestos intermetálicos han

sido intensamente estudiados a partir del descubrimiento de superconductividad no convencional en el  $\text{CeCoIn}_5$  a  $T_C \approx 2,3$  K. La mayoría de los otros compuestos que forman la serie  $\text{RCoIn}_5$  son magnéticos, y en general presentan ricos diagramas de fases magnéticas al aplicarse un campo  $H$ . En el caso del  $\text{TbCoIn}_5$ , el ordenamiento es antiferromagnético con  $T_N = 30$  K.

Presentamos mediciones de capacidad calórica realizadas mediante técnicas de relajación y modulación con campo magnético aplicado de hasta 16 Tesla en muestras monocristalinas crecidas por el método de flujo. Debido a la sensibilidad del calor específico a las transiciones magnéticas en estos compuestos, nos es factible estudiar la compleja evolución de las distintas líneas de transición en el diagrama  $H - T$ , que dan origen a diversas fases de bajas temperaturas asociadas al reordenamiento de los momentos magnéticos. Comparamos nuestros resultados con un reporte previo [ J. Prokleška et al., Czechoslov. J. Phys. **54** (2004) 327], y presentamos una primera aproximación al modelado del magnetismo en este sistema.

## MC-37 DETERMINACION DE TENSIONES RESIDUALES EN OBJETOS METALICOS

Moya Riffo A<sup>1 2</sup>, Morán M<sup>1 2</sup>, Vicente Alvarez M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio Argentino de Haces de Neutrones - CNEA

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

En este trabajo se presenta un laboratorio dedicado a la caracterización de tensiones residuales en objetos mediante difracción de rayos-X. Dicho laboratorio está emplazado en el Centro Atómico Bariloche, CNEA-CAB, a cargo del departamento de haces de neutrones del RA10. El objetivo del laboratorio es generar nuevas capacidades experimentales para caracterización de tensiones residuales y otras propiedades microestructurales mediante difracción de rayos-X en materiales principalmente metálicos. Con esto se pretende fortalecer y crear nuevas colaboraciones de investigación extendidas a la comunidad científica y tecnológica en Argentina, buscando casos de estudio para el futuro difractor de neutrones *ANDES* del Laboratorio Argentino de Haces de Neutrones, LAHN. En particular, estas técnicas son ideales para aplicar en estudios de: métodos de soldadura y manufactura aditiva, procesos de manufactura por deformación, degradación de materiales estructurales, materiales resistentes a altas temperaturas, etc.

El laboratorio se centra en torno a un equipo de difracción de rayos-X recientemente adquirido y específicamente diseñado para la determinación de tensiones residuales sobre muestras tipo objetos, de gran tamaño. El equipo es un *Stresstech X-stress3000 G2* y su configuración consiste en un goniómetro de radio pequeño, permitiendo posicionar 2 detectores lineales a tan solo 70mm de la muestra para lograr suficiente estadística y optimizar los tiempos de medición. El haz incidente es precisamente

colimado hasta 0.5 mm, particularmente favorable para medir sobre superficies curvas. El método de medición es el de  $\text{Sen}^2(\psi)$  [1] inclinando en un ángulo  $\psi$  el goniómetro en lugar de la muestra. Por otro lado, el equipo es transportable lo que lo vuelve una herramienta para mediciones *onsite*, ideal para trasladar hasta industrias, centros de investigación o de formación académica que requieran el servicio. Junto con el equipo de rayos-X, el laboratorio cuenta con un equipo de pulido electrolítico localizado para preparar la superficie a analizar (equipo portable) y sistemas de posicionamiento automatizado de muestras. Con este equipamiento se logra medir tensiones residuales sobre superficies de variada geometría, siguiendo las normas ASTM [2,3], además de poder realizar mapas superficiales de distribución de tensiones.

Con el equipamiento disponible se presentan resultados obtenidos en condiciones de calibración y luego en aplicaciones a piezas de interés para la industria nuclear. Como ejemplo se estudiaron tubos de *Inconel 690* con tratamientos térmicos para ser empleados como generadores de vapor, y la vaina de combustible nuclear de *Zircaloy-4* en su etapa de producción por laminación en frío.

[1] HILLY, M. E. Residual stress measurement by X-ray diffraction. SAE Information Report, 1971, vol. 784.

[2] ASTM E915 ? 16 Standard Test Method for Verifying the Alignment of X-Ray Diffraction Instrumentation for Residual Stress Measurement.

[3] ASTM E2860 ? 12 Standard Test Method for Residual Stress Measurement by X-Ray Diffraction for Bearing Steels.

## MC-38 Determinación experimental del momento magnético de iones Mn en redes de coordinación metal-orgánicas desacopladas.

Carlotto S<sup>1</sup>, Fuhr J D<sup>2</sup>, Verdini A<sup>3</sup>, Cossaro A<sup>3</sup>, Casarin M<sup>1</sup>, Lingenfelder M<sup>4</sup>, Gayone J E<sup>5</sup>, Floreano L<sup>3</sup>, Ascolani H<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Química, Universidad de Padova, Padova, Italia.*

<sup>2</sup> *Instituto de Física del Sur - Universidad Nacional del Sur*

<sup>3</sup> *Laboratorio de Radiación Síncrotrón Elettra, Basovizza, Trieste, Italia.*

<sup>4</sup> *Max Planck-EPFL Laboratory for Molecular Nanoscience, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland*

<sup>5</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CONICET-CNEA, Centro Atómico Bariloche*

Las propiedades magnéticas de nanoestructuras en el límite de tamaños ultrapequeños son de gran interés actual. Los átomos individuales considerados como posibles objetos magnéticos para almacenamiento de datos son muy inestables y difíciles de confinar. En cambio, cuando un ión metálico se encuentra contenido por una molécula orgánica como, por ejemplo, porfirinas, ftalocianinas, etc., además de facilitarse enormemente su confinamiento sobre superficies, sus propiedades magnéticas intrínsecas son mas

estables debido a la reducción de su hibridación con el sustrato. De aquí que muchos grupos de investigación del área de física de superficies hayan puesto mucha dedicación al estudio de las propiedades fundamentales de moléculas organometálicas adsorbidas en superficies. En este campo hay actualmente mucho interés por encontrar sustratos poco interactuantes tanto para evitar la hibridación con el sustrato y así mantener las propiedades magnéticas propias del complejo metal-orgánico, como también para reducir los eventos de dispersión de electrones y fonones que pueden invertir el espín del elemento magnético. [1]

Una alternativa a los imanes moleculares de un solo ión son las redes metal-organicas de coordinación (RMOCs) que consisten en una red de espesor monoatómico de átomos metálicos unidos entre sí por conectores orgánicos mediante enlaces de coordinación. [2] Los RMOC presentan arreglos ordenados de largo alcance de iones metálicos que residen en un entorno local idéntico y tienen la ventaja de ser estructuras modulares cuyas propiedades pueden ajustarse eligiendo los centros metálicos, la molécula orgánica y la superficie subyacente. La enorme mayoría de las RMOCs desarrolladas hasta el momento se han obtenido sobre superficies de metales nobles. En este contexto, muy recientemente se han reportado estudios enfocados en conseguir estructuras supramoleculares desacopladas para lo cual han ensayado distintas capas pasivantes incluyendo grafeno y óxidos. [3]

Nuestro grupo ha demostrado que en el caso de metales nobles, la formación de aleaciones de superficie basadas en Sn reduce fuertemente las interacciones con la superficie y funciona como una eficiente capa de desacople. Como ejemplo de ello hemos sintetizado una RMOC de Mn-TCNQ con estructura rectangular sobre la aleación de superficie SnCu-Cu(100). [4] Nuestros cálculos teóricos en el marco de DFT indican que estamos en presencia de una RMOC con muy poca interacción con el sustrato. Para evaluar las propiedades magnéticas de la RMOC obtenida, investigamos la configuración electrónica de los iones Mn a partir de analizar la estructura fina de absorción de rayos X de borde cercano (NEXAFS) en el borde Mn L<sub>2,3</sub>.

La técnica de espectroscopia de absorción de rayos X (XAS) se reconoce unánimemente como una poderosa herramienta capaz de sondear la estructura electrónica molecular desocupada a través de la excitación de los electrones centrales de las especies absorbentes a los orbitales moleculares vacíos que se encuentran próximos al nivel de Fermi. Una de las peculiaridades más relevantes de XAS es el carácter local de las excitaciones involucradas, lo que hace que los espectros de borde K y L sean sensibles tanto a la estructura electrónica como al entorno local de la especie objetivo.

El hecho que las interacciones adsorbato/sustrato son insignificantes y el carácter localizado de las excitaciones, nos permitieron modelar las resonancias XAS por medio de un pequeño cluster de átomos centrado en el ión Mn, cuyas coordenadas se obtuvieron por cálculos de DFT periódicos. Encontramos que el modelo reproduce muy bien las principales características del borde Mn L<sub>2,3</sub> experimental y claramente

favorece a los iones Mn 2+ con un estado de alto espín (5 electrones desapareados). [5]

[1] S. Reynaud, tesis doctoral, EPFL, Lausanne, Suiza, año 2022.

[2] M. Blanco-Rey et al., *Molecules* 23, 964 (2018).

[3] Z. Jakub et al. *Nanoscale* 14, 9507 (2022).

[4] P. Machaín, J.D. Fuhr et al., *J. Phys. Chem. C* 124, 18993 (2020).

[5] S. Carlotto, J.D. Fuhr et al., *Applied Surface Science* 551, 149307 (2021).

## MC-39 Dinámica de vacancias de oxígeno en memristores Pt/TiO<sub>x</sub>/TaO<sub>y</sub>/Pt: intercambio con el medio ambiente y electromigración interna

Leal Martir R E<sup>1 2</sup>, Sánchez M J<sup>2 3</sup>, Aguirre M<sup>4 5</sup>, Quiñonez W<sup>1 2</sup>, Ferreyra C<sup>1 2</sup>, Acha C<sup>6</sup>, Lecourt J<sup>7</sup>, Lüders U<sup>7</sup>, Rubi D<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Micro y Nanotecnología - Centro Atómico Constituyentes - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)

<sup>3</sup> Centro Atómico Bariloche e Instituto Balseiro (Universidad Nacional de Cuyo)

<sup>4</sup> Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón y Departamento de Física de la Materia Condensada (Universidad de Zaragoza)

<sup>5</sup> Laboratorio de Microscopías Avanzadas (Zaragoza, España)

<sup>6</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>7</sup> Institute CRISMAT, Caen, Francia

Los memristores son dispositivos centrales en el desarrollo de una nueva nanoelectrónica bio-inspirada. Los efectos memristivos en óxidos de metales de transición suelen estar vinculados a la electromigración de vacancias de oxígeno cargadas (VO). En este trabajo estudiamos, para el dispositivo Pt/TiO<sub>x</sub>/TaO<sub>y</sub>/Pt, el intercambio de VO con el medio ambiente ante la aplicación de estímulos eléctricos. A través de una combinación de experimentos y simulaciones numéricas, determinamos que tanto la capa de TiO<sub>x</sub> como la de TaO<sub>y</sub> se oxidan durante el proceso de electroformado a través de la incorporación de oxígeno ambiental. Una vez que el efecto memristivo se encuentra estabilizado (luego del proceso de electroformado) nuestros resultados sugieren que el intercambio de oxígeno con el medio ambiente se interrumpe y que la dinámica de VO que rige el comportamiento memristivo está limitada a la electromigración interna entre las capas de TiO<sub>x</sub> y TaO<sub>y</sub>. Este trabajo provee información relevante para el diseño de dispositivos memristivos basados en óxidos binarios.

## MC-40 Dinámica de vórtices y caracterización de

## corriente crítica en láminas delgadas superconductoras de $\beta - W$

Hofer A<sup>1</sup>, Bengio S<sup>1 2</sup>, Haberkorn N<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> CONICET

Los materiales más utilizados para la fabricación de detectores de fotones individuales (SPD de sus siglas en inglés "*single photon detectors*") preservan la superconductividad con propiedades uniformes aún en películas de pocos nanómetros de espesor, entre los que se encuentran el W amorfo, el WSi y otros. Además, estas estructuras crecen con una rugosidad comparable a la del sustrato y pueden ser depositadas a temperatura ambiente por pulverización catódica. El objetivo de este trabajo ha sido investigar las propiedades electrónicas y morfológicas de estructuras basadas en W como candidato para la fabricación de SPDs [1,2].

La comprensión de la dinámica de los vórtices en el material es de crucial importancia en vista de estas aplicaciones. Para un superconductor del tipo II en el límite sucio el estado superconductor se rompe para un valor característico de corriente y voltaje cuando un campo magnético es aplicado. En una curva tensión-corriente, este fenómeno se visualiza como un salto abrupto al estado normal por encima de la corriente de *depinning*, conocido como la inestabilidad de Larkin y Ovchinnikov (LO) [3]. La inestabilidad LO suele asociarse con el tiempo de recombinación de electrones normales en pares de Cooper ( $\tau$ ), un parámetro intrínseco del material de fundamental importancia para el diseño de SPDs. En la actualidad, se discute activamente acerca de los efectos de la uniformidad de las propiedades superconductoras, así como de la geometría, en la inestabilidad LO [4,5,6].

Con la finalidad de estudiar los efectos de la homogeneidad, en este trabajo se crecieron láminas delgadas de W mediante pulverización catódica sobre un sustrato de Si monocristalino. El crecimiento se realizó en una atmósfera reactiva de Ar y N<sub>2</sub>, variando la presión parcial de N<sub>2</sub> desde 0,5 % hasta 35 %. Los efectos de las condiciones de crecimiento sobre la estructura y la composición se estudiaron haciendo uso de difracción de rayos X (DRX) y espectroscopía de fotoelectrones excitados con rayos X (XPS). A su vez, se fabricaron micro-alambres superconductores por litografía óptica y a partir de mediciones de curvas de corriente-voltaje se caracterizó la densidad de corriente crítica y se estimaron los valores de  $\tau$  en el marco de la teoría de Larkin y Ovchinnikov.

[1] J. A. Hofer, N. Haberkorn. Superconductivity in nanocrystalline tungsten thin films growth by sputtering in a nitrogen-argon mixture. *Thin Solid Films* 685 (2019) 117.

- [2] J. A. Hofer, N. Haberkorn. Flux flow velocity instability and quasiparticle relaxation time in nanocrystalline  $\beta$ -W thin films. *Thin Solid Films* 730 (2021) 138690.
- [3] A. Larkin, Y. Ovchinnikov. Nonlinear conductivity of superconductors in the mixed state. *Sov. Phys. JETP* 41 (1976) 960.
- [4] Dobrovolskiy, O. V., Bezv, V. M., Begun, E., Sachser, R., Vovk, R. V., Huth, M. (2019). Fast dynamics of guided magnetic flux quanta. *Physical Review Applied*, 11(5), 054064.
- [5] Alexei I. Bezuglyj, Valerij A. Shklovskij, Ruslan V. Vovk, Volodymyr M. Bezv, Michael Huth, and Oleksandr V. Dobrovolskiy. Local flux-flow instability in superconducting films near  $T_c$ . *Phys. Rev B* 99 (2019) 174518.
- [6] O. V. Dobrovolskiy, D. Yu Vodolazov, F. Porrati, R. Sachser, V. M. Bezv, M. Yu Mikhailov, A. V. Chumak, M. Huth. Ultra-fast vortex motion in a direct-write Nb-C superconductor. *Nature Comm.* 11 (2020) 3291

## MC-41 Dinámica y Estructura de la Cristalización del agua con semillas planas

Didoné P J<sup>1</sup>, Attarantato V<sup>1</sup>, Ferrara C G<sup>2</sup>, Grigera T<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata*

<sup>2</sup> *Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos, CONICET-UNLP*

<sup>3</sup> *Instituto de Ingeniería y Agronomía, Universidad Nacional Arturo Jauretche*

En el presente trabajo realizamos un estudio de los cambios que se producen en la dinámica y estructura del agua líquida en su transición hacia la formación de cristales de hielo en presencia de una semilla de cristalización plana. El estudio se llevó a cabo a partir de simulaciones por Dinámica Molecular (MD), utilizando el modelo de agua TIP4P2005 como sistema bulk y como parte de la estructura de la semilla de cristalización. Se analizó y caracterizó el comportamiento dinámico y estructural del agua en diferentes condiciones termodinámicas, a partir de diferentes variables, como son la distribución de puentes de hidrógeno, perfil de densidad, coeficiente de autodifusión, desplazamiento cuadrático medio o parámetros de orden.

Todas las simulaciones se realizaron utilizando la técnica de dinámica molecular (MD), implementada con el paquete de GROMACS (GRONingen MACHine for Chemical Simulations).

## MC-42 Dispersión de partículas impulsadas en medios desordenados estrechos (narrow racetrack)

Elías F<sup>1</sup>, Kolton A B<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Centro Atómico Bariloche, CONICET - CNEA, Instituto Balseiro, UNCuyo*

Estudiamos la dispersión clásica inducida por desorden de partículas impulsadas por una fuerza constante en un medio desordenado estrecho (narrow racetrack). Para una serie de modelos mecánicos con desorden dependiente de la posición espacial obtenemos expresiones analíticas para la velocidad media en el estado estacionario  $v$  y la constante de difusión  $D$  en función de la fuerza impulsora  $f$  lejos de la transición de depinning. Para fuerzas de desorden con longitud de correlación corta y  $f \gg f_c$ , encontramos que  $D \sim 1/v$  para desorden tipo random-field (RF) y  $D \sim 1/v^3$  para desorden tipo random-bond (RB), mientras que  $v \sim f$ . Numéricamente, mostramos que estos resultados son robustos, siendo válidos para una gama amplia de modelos: partículas masivas amortiguadas, partículas sobre-amortiguadas, partículas deformables sobre-amortiguadas, partículas en dos dimensiones confinadas, paredes de dominio impulsadas por corriente (o por campo) con grados de libertad internos. También discutimos efectos de temperatura finita y crossover entre varios regímenes. Las propiedades universales encontradas son relevantes para describir la dinámica fluctuante de objetos tipo partículas como por ejemplo: solitones, vórtices en superconductores, paredes de dominio magnéticas, skyrmions o coloides, impulsados en medios estrechos comparados con el tamaño y rango de interacción de las partículas. En particular, la dependencia de  $D$  con respecto a la fuerza puede ser una herramienta útil para caracterizar los diferentes tipos de desorden en los materiales.

### MC-43 Drag de Coulomb entre tres capas de grafeno: teoría y aplicaciones

Escudero F<sup>1, 2</sup>, Arreyes F<sup>1</sup>, Juan J<sup>1, 2</sup>, Ardenghi J S<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física - Universidad Nacional del Sur

<sup>2</sup> Instituto de Física del Sur - Universidad Nacional del Sur

El drag de Coulomb es un efecto que aparece cuando los electrones en dos capas metálicas, muy cercanas entre sí, presentan un arrastre mutuo debido a interacciones Coulombianas. En un experimento típico, una corriente aplicada en una capa induce una diferencia de potencial en otra capa aislada. En este trabajo, se estudia teóricamente el drag de Coulomb en un sistema compuesto por tres capas de grafeno. Se considera una corriente aplicada solo sobre las dos capas externas, dejando a la placa del medio aislada. Como resultado, se obtiene que el potencial de drag en la capa del medio depende de manera no trivial con las distancias entre capas y su densidad electrónica. A su vez, el potencial de drag es sensible a la magnitud y dirección de la corriente en cada capa externa, lo cual puede dar lugar a aplicaciones del sistema como sensor o compuerta lógica.

### MC-44 Efecto de la adsorción y disociación de O<sub>2</sub> sobre CNTs dopados con hierro

Belletti G D<sup>1</sup>, Nuñez J L<sup>1</sup>, Quaino P<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Química Aplicada del Litoral (CONICET - UNL)*

En la actualidad existe un gran interés en el estudio de materiales que se emplean en baterías y celdas de combustible, y de comprender los procesos que se producen en su interior para mejorar su performance. Entre ellos, los materiales carbonosos como los nanotubos de carbono (CNTs) constituyen un material fascinante debido a su gran área superficial y estabilidad química. Más aún, modificados los CNTs permiten mejorar su performance en las baterías, como por ejemplo al ser dopados con N y decorados con sitios de átomos de Fe o Pt. Algunos de ellos en las celdas de combustible también han demostrado ser buenos catalizadores para la reacción de reducción de oxígeno (ORR). En este contexto, se planteó el estudio de la adsorción molecular y disociativa del oxígeno O<sub>2</sub> en CNTs dopados con un único átomo de Fe. Para el análisis se consideraron nanotubos modificados de quiralidad (5,5), (6,3) y (8,0), los cuales presentan propiedades conductoras diferentes. Se estudiaron múltiples posibilidades geométricas para la adsorción/disociación del O<sub>2</sub> sobre los CNTs modificados. En ellas, se evaluaron los efectos producidos en sus propiedades electrónicas, geométricas, energéticas y magnéticas, previamente y posteriormente a la adsorción y disociación del O<sub>2</sub>. Nuestros resultados permiten obtener un mayor conocimiento de las propiedades del material, mostrando a los CNTs dopados con Fe como potencial catalizador para la reacción de disociación de oxígeno.

### MC-45 Efecto de la tensión biaxial sobre las propiedades termoeléctricas del sulfuro de estaño

Zandalazini C I<sup>1 2</sup>, Oliva M I<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Grupo Ciencia de Materiales, Córdoba Argentina.*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

Entre los diferentes factores que influyen en la eficiencia energética de gran parte de los dispositivos tecnológicos se encuentran las pérdidas por calor residual. Los materiales termoeléctricos (TE) ofrecen la posibilidad de recuperar parte de esta energía térmica perdida a partir de su conversión en energía eléctrica, sin un costo ambiental agregado, ya que durante su operación, no hay producción de gases y tampoco poseen partes móviles. El interés actual es el de mejorar la eficiencia de conversión en dispositivos TE basados en elementos no contaminantes, ampliando además su rango de temperatura de trabajo. Es en este contexto que los semiconductores de calcogenuros se presentan como materiales promisorios para el desarrollo de los dispositivos TE de nueva generación [1].

En este trabajo presentaremos resultados teóricos sobre las propiedades termoeléctri-

cas del sulfuro de estaño (SnS) sometido a diferentes tensiones biaxiales. Para lo cual, a partir de la estructura ortorrómbica del SnS (Pnma(62),  $a > c > b$ ), se consideraron sistemas con tensiones sobre los ejes b y c, tal que éstas produzcan una deformación del 1%, 2%, y del 3% respecto a sus ejes sin deformación. A partir del cálculo de la estructura electrónica, se determinó el coeficiente Seebeck ( $S$ ), la conductividad eléctrica ( $\sigma$ ), y el coeficiente Hall ( $R_H$ ), para diferentes rangos de temperaturas y concentraciones de portadores de carga, en cada uno de los sistemas considerados. Además, se analizó el efecto de la deformación de red sobre el denominado 'power factor' ( $S^2\sigma$ ) para las diferentes direcciones cristalográficas del sistema. Nuestros resultados muestran el importante rol de la distorsión biaxial sobre las propiedades termoeléctricas del SnS, consiguiendo notables mejoras tanto en eficiencia de conversión como en rango de temperatura de operación, para distorsiones menores al 3% respecto al bulk. Los cálculos de las estructuras electrónicas se realizaron en el marco la teoría de la funcional densidad, y para las propiedades termoeléctricas se empleó la teoría de transporte de Boltzman [2].

[1] R. Gupta, N. Kumar, P. Kaur, C. Bera, Phys. Chem. Chem. Phys. 22 (2020) p1463.

[2] Madsen, G. K. H. and Singh, D. J. Comput. Phys. Commun. 175 (2006) p67.

## MC-46 Efecto del dopado con cerio sobre las propiedades estructurales y electrónicas de la circonia. Estudio DFT+U

Magnelli D E<sup>1 2</sup>, Cabeza G F<sup>2 3</sup>, Frechero M A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GFCIES. Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur. INQUISURCONICET

<sup>2</sup> Departamento de Física - Universidad Nacional del Sur

<sup>3</sup> Instituto de Física del Sur (IFISUR), Universidad Nacional del Sur - CONICET, Bahía Blanca, Argentina.

El diseño teórico de la circonia (ZrO<sub>2</sub>) en sus fases monoclinica y cúbica, estequiométrica y dopada sustitucionalmente con cerio ha sido modelado empleando el código comercial VASP (Vienna ab-initio simulation package) [1] con el objetivo de analizar los cambios producidos por la presencia del dopante. Para la simulación de la estructura hemos evaluado tanto el efecto de la elección del número de electrones de valencia del cerio (Ce) considerados en los pseudopotenciales empleados, así como el valor del coeficiente de Hubbard (U) incluido en el formalismo de la Teoría de la Funcional Densidad (DFT+U). Motiva este análisis la presencia de diferentes estados de oxidación Ce<sup>3+</sup> y Ce<sup>4+</sup> presentes en el sistema. La no estequiometría generada por la introducción de defectos puntuales tales como vacancias de oxígeno también han sido evaluadas. El desarrollo de este trabajo busca optimizar los parámetros ne-

cesarios para estudiar la estructura tipo garnet del LLZO ( $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ ) modelada, debido a su potencial aplicación como electrolito sólido para baterías de estado sólido dada su elevada conductividad iónica reportada experimentalmente ( $10^{-3} \text{ Scm}^{-1}$ ) a temperatura ambiente) [2]. El LLZO cristaliza en dos fases estables: una cúbica con una distribución desordenada de  $\text{Li}^+$  y otra tetragonal, con una distribución ordenada (cuya conductividad es dos órdenes de magnitud menor que la forma cúbica). A partir del dopado con  $\text{Ce}^{4+}$  buscamos inducir la estabilidad de la forma cúbica, incrementando la movilidad de los cationes e inclusive minimizar la necesidad del uso de lantano debido a su elevado costo. Para esto seguimos dos caminos: el experimental, en el que sintetizamos el LLZO dopado con cerio por molienda mecánica y tratamiento térmico a partir de  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$  y  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  y otro teórico computacional. En este trabajo presentamos los resultados teóricos del procedimiento seguido en la simulación para la construcción del sistema a partir de sus componentes procurando imitar el método de síntesis elegido para comprender las transformaciones intermedias que llevan al material buscado. Como complemento mostramos algunos resultados experimentales propios del proceso de síntesis optimizado junto a su caracterización estructural.

#### Referencias

[1] G. Kresse, J. Furthmüller, Phys. Rev. B 54 (1996) 11169

[2] A. J. Samson, K. Hofstetter, S. Bag and V. Thangadurai, Energy Environ Sci. 12 (2019) 2957

### MC-47 Efectos de la promoción de vacancias de oxígeno en catalizadores $\text{Pd}/\text{CeO}_2$ con baja carga metálica: Influencia del área superficial

Costilla I O<sup>1</sup>, Torres Y M<sup>3</sup>, Piqueras C M<sup>4</sup>, Sánchez M D<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física del Sur (IFISUR), Universidad Nacional del Sur - CONICET, Bahía Blanca, Argentina.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina.

<sup>3</sup> Instituto de Física del Sur (IFISUR), Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur (UNS), CONICET, Av. L. N. Alem 1253, B8000CPB - Bahía Blanca, Argentina.

<sup>4</sup> Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI), Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur (UNS), CONICET, Bahía Blanca, Argentina

El óxido de cerio es un material que muestra innumerables características atractivas como catalizador. El ciclo redox de sus iones  $\text{Ce}^{3+}$  y  $\text{Ce}^{4+}$  fácilmente reversible, conduce a la producción no estequiométrica de nanomateriales  $\text{CeO}_{2-\delta}$ , incorporando propiedades redox en la superficie. Además, cuando especies de metal se depositan en la superficie de la ceria, sus propiedades redox se ven amplificadas significativamente debido a la fuerte interacción entre ellos [1]. El proceso de transformación de  $\text{CeO}_2$

a  $Ce_2O_3$  va acompañado de formación de vacancias y migración de oxígeno, como también del proceso cuántico localizado/deslocalizado de electrones  $4f$  para el catión de cerio, que tienen alta movilidad en la superficie [2]. De esta forma, la superficie de  $CeO_2$  es rica en vacancias de oxígeno, confiriéndole una enérgica adsorción y la activación sobre moléculas que contienen oxígeno [3]. Cuando se forma una vacancia de oxígeno en la red de  $CeO_2$ , dos iones  $Ce^{4+}$  adquieren dos electrones, cambiando su estado a  $Ce^{3+}$ , junto con la eliminación de un átomo de oxígeno. Lo que produce que el  $CeO_2$  exista siempre en forma no estequiométrica ( $CeO_{2-\delta}$ ) y también que el oxígeno tenga una significativa velocidad de difusión en la red de ceria [4].

En este trabajo, se promovieron las propiedades redox de  $CeO_2$  con distinta área superficial (3 a  $206\text{ m}^2/\text{g}$ ), con Paladio en muy baja carga metálica (0.04 a 0.1 %*p/p*) de modo de lograr una altísima dispersión [5]. El incremento de actividad de la ceria se censó mediante una reacción testigo como la reacción inversa de gas de agua. Los catalizadores se caracterizaron mediante Reducción a Temperatura Programada (TPR), Difracción de rayos X (XRD), Espectroscopia Fotoelectrónica de rayos X (XPS), Absorción Atómica (AA), Fisisorción de Nitrógeno y Quimisorción Estática de Hidrógeno (SHC).

Los estudios de quimisorción muestran que una ceria de área intermedia  $116\text{ m}^2/\text{g}$  con la incorporación de 0.055 %*p/p* del metal (determinado por AA), incrementa 22 veces la cantidad de moles de hidrógeno quimisorbido. En acuerdo con estos últimos, los resultados de TPR para el mismo catalizador, muestran que la temperatura de reducción del soporte es al menos  $200\text{ }^\circ\text{C}$  inferior, insumiendo hasta 290 veces más hidrógeno que el necesario para reducir solo el metal. Por XPS se observa que la relación entre las especies de  $Ce^{3+}/Ce^{4+}$  se ve incrementada con el área superficial en presencia del metal, el cual induce la reducción temprana del cerio superficial y genera sitios de adsorción para  $H_2$  que serán activos en la reacción. Los ensayos de reducción de  $CO_2$  en presencia de  $H_2$  llevados a cabo a  $600\text{ }^\circ\text{C}$  muestran un notable aumento de la conversión a valores entre 10 a 30 % y selectividad de  $CO$  casi completa (99.7 a 100 %) con el incremento del área superficial de 3 a  $206\text{ m}^2/\text{g}$ , respectivamente.

Estos resultados en su conjunto sugieren que las vacancias de oxígeno de la ceria, parcialmente reducida, serían los sitios activos asociados a la reducción del  $CO_2$ , dando lugar a una alta selectividad a  $CO$ . El paladio, altamente disperso, evitaría la formación de metano y las reacciones secundarias que consumen  $CO$ .

- [1] T. Montini, et al. Chem. Rev. 116 (2016) 5987-6041.
- [2] N.V. Skorodumova, et al. Phys. Rev. Lett. 89 (2002) 166601-166604.
- [3] X. Zhou, et al. J. Mater. Chem. A 5 (2017) 9717-9722.
- [4] K. Wu, et al. Adv. Energy Mater. 6 (2016) 1600501-1600546.
- [5] D. Teschner, et al. Solid State Ionics 141-142, (2001) 709-713.

## MC-48 Efectos del termoenvejecimiento sobre el endurecimiento por deformación en aleaciones Al-Mg-Si y Al-Mg-Zn.

Jodra S<sup>1</sup>, Nosedá Grau V<sup>2</sup>, Staneck J P<sup>1</sup>, Romero R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Materiales de Tandil - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

<sup>2</sup> Grupo Física de Metales, Gerencia Física, Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Bariloche

<sup>3</sup> CONICET

<sup>4</sup> Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica

Las aleaciones termoenvejecibles base Aluminio se caracterizan por lograr mejorar significativamente sus propiedades mecánicas mediante tratamientos térmicos. La modificación en sus propiedades tiene origen en la descomposición de la solución sólida sobresaturada (SSSS), la cual evoluciona en la formación de partículas de segunda fase. La secuencia de precipitación es propia de cada sistema de aleación [i] (AlMgSi, AlZnMg, AlCu, etc.), depende de las especies atómicas presentes y del tratamiento térmico (TT). En general la secuencia de precipitación incluye una variedad de fases metaestables que al evolucionar dan lugar a distintas microestructuras de precipitados. Las fases presentes; la fracción en volumen; el tamaño; la distribución, son aspectos que definen a la población de partículas de segunda fase. La descomposición de la SSSS durante el envejecimiento natural (EN) ( $T_{amb}$ ) da lugar a la formación de conglomerados de soluto en ambas aleaciones (zonas de Guinier-Preston (GP)) [i,ii]. El envejecimiento artificial (EA) a temperaturas correspondientes a TT de máximo endurecimiento (T6), 180 °C para Al-Mg-Si y 120 °C para Al-Mg-Zn, da lugar a la formación de precipitados semicoherentes, que se corresponden en su mayoría a la fase  $\beta''$  (fase monoclinica con composición  $Mg_5Si_6$  [iii]) y a la fase  $\eta'$  (fase hexagonal de composición no bien definida con relación atómica Zn:Mg $\approx$ 1.3 [ii]), respectivamente. En este trabajo se estudia el comportamiento de endurecimiento por deformación (EPD) de dos aleaciones comerciales termoenvejecibles, una correspondiente al sistema Al-Mg-Si (Al-0,72Mg-1,07Si (%p)), AW6082 y otra Al-Mg-Zn (Al-2,47Mg-5,81Zn-1,6Cu (%p)), AW7075, ambas provistas en forma de placas (Alcoa Europe). Los resultados fueron obtenidos a partir de curvas tensión-deformación ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) correspondientes a ensayos mecánicos de tracción uniaxial cuasiestáticos realizados a  $T_{amb}$ . El EPD se analizó a partir de parámetros operacionales determinados sobre curvas  $\theta=d\sigma/d\epsilon$  vs  $\sigma$ , que son interpretados según la teoría de Kocks, Mecking y Estrin (KME) y la ecuación de Taylor, que relacionan al EPD con la densidad de dislocaciones  $\rho$  [iv]. Uno de ellos,  $\theta_{max}$ , asociado a la tasa máxima de acumulación de dislocaciones y un segundo parámetro,  $\beta=-d\theta/d\sigma$ , asociado a la velocidad de recuperación dinámica. Se presenta un análisis comparativo de la evolución del EPD

durante dos TT de envejecimiento isotérmico, considerados análogos entre ambos materiales (EN y EA (T6)). Para el estado SSSS se observó que el EPD es superior para la aleación AL-Mg-Zn,  $\theta_{max} \approx 1500 \text{ MPa}$  (AlMgSi) y  $\theta_{max} \approx 3000 \text{ MPa}$  (AlMgZn), aproximadamente el doble. Mientras que la recuperación dinámica se presentó similar en ambos materiales,  $\beta$  (SSSS)  $\approx 7$ . De la comparación de la evolución del EPD durante el EN, en presencia de una población creciente de zonas GP, se observan comportamientos diferentes. Para la aleación AL-Mg-Zn,  $\theta_{max}$  se presenta sostenido y  $\beta$  muestra una leve tendencia decreciente con el avance del EN. Contrariamente, en la aleación Al-Mg-Si, tanto  $\beta$  como  $\theta_{max}$  revelaron comportamientos crecientes con el  $t_{EN}$ . Para el caso de EA, el EPD se presenta empobrecido con el avance del envejecimiento,  $\beta$  creciente y  $\theta_{max}$  decreciente en ambos materiales. El EPD se analizó hasta tiempos característicos del estado T6 (EA) e incluso hasta tiempos mayores para el EN,  $t \approx 10^5 \text{ min}$ . En particular, el sistema Al-Mg-Zn con EN muestra un comportamiento destacado de EPD atribuible a la tendencia decreciente de  $\beta$ . Con la evolución de precipitados de EA, ambos materiales presentan EPD disminuido. El sistema Al-Mg-Si prácticamente no endurece por deformación plástica en su estado T6. La ductilidad, inicialmente mayor para el sistema Al-Mg-Si, se iguala para los materiales en estado T6,  $\epsilon_{max} \approx 0,08$ .

[i] Sigmund J. Andersen y col., *Advances in Physics*: X, 3 (2018) 1 790-813.

[ii] T. F. Chung y col., *Acta Mater.* 149 (2018) 377-387.

[iii] C. Ravi, C. Wolverton; *Acta Mater.* 52 (2004) 14 4213-4227.

[iv] L. M. Cheng y col., *Met. Mater. Trans.* 34 (2003) 2473-2481.

## MC-49 El factor de tortuosidad: Cómo se relaciona la difusión en un material poroso con la difusión en el material denso?

Ascolani Yael J E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Caracterización de Materiales, Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica*

La determinación del coeficiente de difusión en materiales porosos es de gran importancia en aplicaciones muy diversas, desde la medicina, la industria petrolera a las celdas de combustible de óxido sólido y muchas otras. La cantidad que permite relacionar el coeficiente de difusión de una especie química en una muestra densa con el coeficiente de difusión que se mide en un experimento en una muestra porosa es el llamado factor de tortuosidad, el cual describe el efecto de la estructura del material poroso en comparación con el mismo material sin poros, según la siguiente relación:

$$D_{eff} = D \cdot \frac{f}{T^*}$$

donde  $D_{eff}$  es el coeficiente de difusión en el material poroso,  $D$  es el coeficiente de difusión en el material denso,  $f$  es la fracción de la fase en la cual se produce la difusión y  $T^*$  es el Factor de Tortuosidad.

Este factor se puede obtener realizando una reconstrucción tridimensional de la microestructura del material. En este trabajo presentamos un estudio del cálculo del factor de tortuosidad en un material poroso de  $La_{0,6}Sr_{0,4}Co_{0,2}Fe_{0,8}O_{3-\delta}$ , utilizado comúnmente como cátodo de pilas de óxido sólido de temperatura intermedia (IT-SOFC), estudio realizado como parte de mi tesis doctoral [1]. Para lograrlo se hizo un experimento con FIB-SEM en el cual se reconstruyó la microestructura real del material, que presenta tamaños característicos de cientos de nanómetros, lo cual presenta de por sí un desafío experimental significativo. Luego, con estos datos, se determinó el factor de tortuosidad con las dos familias de algoritmos más utilizados y se evaluó el efecto del análisis de datos en la incerteza en el valor obtenido. En base a estos resultados se discuten criterios y recomendaciones para calcular el factor de tortuosidad y, en última instancia, el coeficiente de difusión en materiales porosos.

[1] Ascolani-Yael J., Tesis de Doctorado, Capítulo 2, (2021), <http://ricabib.cab.cnea.gov.ar/971/>.

## MC-50 El sistema dopamina/óxido de grafeno como material precursor de materiales compuestos

Domancich N F<sup>1</sup>, Fuente S A<sup>1</sup>, Rossi Fernández A C<sup>2</sup>, Meier L A<sup>1</sup>, Castellani N J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física del Sur - Universidad Nacional del Sur

<sup>2</sup> Instituto de Química del Sur - Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca

La adición de materiales nanométricos en matrices de poliepóxidos se ha constituido en un medio eficiente de mejorar sus propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas. El empleo de grafeno es una alternativa muy apreciada teniendo en cuenta sus superiores cualidades físicas gracias a la estructura panal de abeja de los átomos de carbono con hibridación sp<sup>2</sup>. Uno de los métodos más efectivos para obtener grafeno en grandes cantidades y a un precio relativamente bajo es la reducción química de láminas de óxido de grafeno (GO). Recientemente ha surgido sumo interés en utilizar reductores que sean amigables con el medio ambiente, tal como el compuesto metabólico dopamina (DA). Además, la DA exhibe propiedades de autopolimerización, formando en condiciones adecuadas un cubrimiento del sustrato que impide la aglomeración de las láminas de GO-reducido. En el presente trabajo se estudia teóricamente la adsorción y los mecanismos de reacción involucrados en la reducción de los grupos

superficiales epoxi e hidroxilo del GO, utilizando como agentes reductores las formas neutra y zwitteriónica de la DA. Los cálculos se realizaron en el marco de la teoría del funcional de la densidad. Se examinó comparativamente el comportamiento de estos dos isómeros de la DA y se evaluó la adhesividad en el sistema polidopamina/grafeno.

## MC-51 Espectros Raman del ZnO sometido a diferentes presiones hidrostáticas a partir de cálculos de primeros principios

Zandalazini C I<sup>1,2</sup>, Oliva M I<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Grupo Ciencia de Materiales, Córdoba Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC

En el diseño de los materiales semiconductores nanoestructurados, controlar la distorsión de su estructura cristalina es actualmente un recurso importante para mejorar su comportamiento eléctrico. Bajo presión, no solo es posible modificar su estructura de bandas (cambios en movilidad de portadores de carga, propiedades ópticas, etc), sino que en algunos semiconductores, como es el caso del ZnO, esto puede inducir también a cambios de fases en el material [1]. Por otra parte, la espectroscopia Raman es una de las técnicas más adecuadas para el estudio de propiedades que involucran cambios en la estructura del material, ya que proporciona información sobre la cristalinidad y orientación, la existencia de defectos/impurezas, y también aspectos más específicos sobre la dinámica de la red cristalina [2]. En este trabajo se presentarán cálculos de la estructura electrónica del ZnO -wurtzita sometido a diferentes presiones hidrostáticas. Se determinaron así densidades de estados, estructura de bandas, y los espectros Raman del ZnO, considerando el rango de presiones donde la fase wurtzita se mantiene estable. Los cálculos de la estructura electrónica fueron obtenidos en el marco de la teoría de la funcional densidad, empleando el programa de código abierto ABINIT.

### Referencias

- [1] Yan, X., Dong, H., Li, Y. et al. Phase transition induced strain in ZnO under high pressure. *Sci. Rep.* 6 (2016) p24958.  
 [2] R. Jones et al. Raman Techniques: Fundamentals and Frontiers. *Nanoscale Res. Lett.* 14 (2019) p231.

## MC-52 ¿Es posible simular ciclos de histéresis con spin-lattice dynamics?

dos Santos G<sup>1,2</sup>, Romá F<sup>3</sup>, Tranchida J<sup>4</sup>, BRINGA E<sup>2,1,5</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza*

<sup>2</sup> *CONICET*

<sup>3</sup> *INFAP-Universidad Nacional de San Luis*

<sup>4</sup> *CEA Cadarache, 13115 Saint-Paul-lez-Durance, Francia*

<sup>5</sup> *Centro de Nanotecnología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Santiago, 8580745, Chile*

Las diferentes respuestas de materiales magnéticos ante el estímulo de un campo externo definen en gran parte el rango de aplicabilidad de dichos materiales en diferentes campos tecnológicos, bio-medicinales, etc. En particular, las curvas de histéresis son cruciales, por ejemplo, en hipertermia magnética ya que representan una medida de la capacidad de disipar calor de un determinado material o nanoestructura. En este sentido es importante contar con métodos de simulación confiables, que permitan explicar e incluso guiar experimento a partir del modelado de efectos magnéticos a escala atómica. En esta línea, se encuentra el método de simulación conocido como Spin-Lattice Dynamics (SLD). Este enfoque es un método semiclásico de dinámica molecular acoplado a dinámica de spin que permite simular la evolución simultánea y de manera acoplada de los grados de libertad de los spines y de los átomos de la red. El principal objetivo del presente trabajo es determinar si es posible (y bajo qué condiciones) simular fehacientemente ciclos de histéresis utilizando SLD, intentando finalmente sentar las bases para este tipo de simulaciones. Simulamos ciclos de histéresis en Fe bulk a diferentes temperaturas para varios ángulos entre el campo magnético externo y el eje fácil de anisotropía. Exploramos el efecto de diversos parámetros tanto físicos como computacionales tales como, la frecuencia del campo, el valor del damping de Gilbert, la magnitud y el tipo de la anisotropía (cúbica, uniaxial), la intensidad del acoplamiento spin-spin, la temperatura, el tamaño del sistema y el acoplamiento o no de la dinámica de la red de átomos a la dinámica de los spines. Encontramos que el tipo de anisotropía y el acoplamiento spin-spin tienen poco efecto sobre las curvas de histéresis. Sin embargo, la frecuencia del campo externo aplicado y el valor del damping de Gilbert tienen un efecto sustancial. Nuestros resultados indican en general que, una cuidadosa selección de parámetros permite obtener ciclos de histéresis con SLD que muestran un excelente acuerdo con el modelo semianalítico de Stoner-Wohlfarth a bajas temperaturas. A dichas temperaturas encontramos que el acoplamiento o no de los grados de libertad de la red a la dinámica de los spines no tiene influencia apreciable en el campo coercitivo obtenido. Sin embargo, al aumentar la temperatura observamos que el campo coercitivo se ve notoriamente afectado por la inclusión de la dinámica acoplada de SLD.

**MC-53 Estabilidad de las curvas de tensión transformación en CuAlNi envejecido**

Mosquera Panizo M<sup>1 2</sup>, Bubani F<sup>2 3 4</sup>, Zelaya E<sup>4 2</sup>, Gastien R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Investigaciones en Sólidos CITEDEF UNIDEF (MINDEF-CONICET) J. B. de La Salle 4397 (B1603ALO) Villa Martelli*

<sup>2</sup> *CONICET*

<sup>3</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>4</sup> *Grupo Física de Metales, Gerencia Física, Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Bariloche*

En estos materiales es posible inducir una transformación martensítica (TM) que genera efectos como la memoria de forma y la superelasticidad. Esta es una transformación no difusiva que ocurre por un movimiento coordinado de átomos entre una fase madre y una fase martensítica. El tipo de martensita inducida ( $\beta'$ ,  $\gamma'$  o  $\alpha'$ ) depende de ciertos factores como la composición química de la aleación, la orientación cristalina del eje en ensayos de tracción, el tipo de envejecimiento, entre otros.

Las aleaciones utilizadas presentan una fase bcc desordenada a altas temperaturas. Esta fase puede ser obtenida a temperatura ambiente de forma metaestable, parcialmente ordenada a segundos vecinos (llamada fase  $\beta$ ), mediante un templado en agua y hielo. Cuando la fase  $\beta$  es enfriada por debajo de una temperatura crítica ( $M_s$ ) comienza la TM hasta finalizar a una temperatura  $M_f$ . Si la aleación en fase martensítica es calentada, comienza la retransformación a la fase madre a una temperatura  $A_s$ , finalizando a una temperatura llamada  $A_f$ . Otra forma de inducir la fase martensítica es mediante la aplicación de carga mecánica a temperatura constante. La misma comienza a una tensión crítica  $\sigma_c$ . Esta última sigue una relación con la temperatura a la que se realiza el experimento del tipo de Clausius Clapeyron (CC). En ensayos de carga realizados en aleaciones vírgenes y a temperatura superior a ambiente, el tipo de TM inducida por carga es  $\beta \rightarrow \beta'$  (18R). Al envejecer la muestra, activando los procesos difusivos dentro del material, las tensiones críticas de transformación disminuyen hasta alcanzar un estado asintótico. Esto trae como consecuencia un cambio en el tipo de martensita inducida.

El objetivo de este trabajo es estudiar la estabilidad de los diagramas de CC de una aleación Cu-14.3Al-4.1Ni (%peso) con diferentes períodos de envejecimiento a 200°C.

## MC-54 Estado fundamental estructural y propiedades ópticas de las perovskitas CsGeX<sub>3</sub> (X=I, Br, Cl) y sus aplicaciones en celdas solares.

Saltos Sanchez H B<sup>1 2</sup>, Limousin L G<sup>3</sup>, Cappelletti M A<sup>2 4</sup>, Gil Rebaza A V<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Grupo de Control Aplicado (GCA), Instituto LEICI (UNLP-CONICET), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, C.C.91 (1900), La Plata, Argentina*

<sup>3</sup> *Instituto de Física, Facultad de Cs. Exactas, Universidad Nacional de La Plata*

<sup>4</sup> Programa TICAPPS, Universidad Nacional Arturo Jauretche, Av. Calchaquí 6200 (1888), Florencio Varela, Argentina.

Las celdas solares de perovskita (PSC) han demostrado un altísimo potencial para considerarse una alternativa muy eficiente en la industria de las energías verdes, con desempeños muy prometedores para la captación de energía solar. Como componentes de estos materiales se encuentran perovskitas inorgánicas como la  $\text{CsPbI}_x\text{Br}_{3-x}$ , cuyo banda varía entre 1.72eV a 2.31eV para  $\text{CsPbI}_3$  and  $\text{CsPbBr}_3$ , respectivamente. La presencia de Pb en su composición vuelve a estos compuestos un potencial contaminante al finalizar su vida útil, por lo cual, el presente trabajo propone alternativas libres de Pb utilizando materiales con características similares como el Ge, así como otras alternativas con menor concentración de plomo. Se analiza la estabilidad estructural, estructura electrónica, y el band-gap para varias combinaciones de materiales, mediante métodos de primeros principios basados en la teoría del funcional densidad 'DFT' (Density Functional energy), valiéndose también de otras técnicas como el Machine Learning para la búsqueda de alternativas como  $\text{CsGeI}_3$ ,  $\text{CsGeBr}_3$  y  $\text{CsGeCl}_3$ , así como de combinaciones de Ge y Pb, donde se minimice el uso de Pb con el fin de obtener la mayor eficiencia. En el presente trabajo se realizaron análisis considerando la influencia que el efecto Jahn Teller pudiera tener en las celdas, con lo cual se estudiaron diferentes ángulos de rotación para los octaedros con la finalidad de encontrar la configuración más adecuada. Todos los cálculos fueron realizados usando el método Full-Potential Augmented Plane Wave implementado en el código ELK. Los resultados obtenidos de los cálculos ab-initio nos permitirán realizar simulaciones numéricas sobre la eficiencia de las celdas solares basadas en estos compuestos, para lo cual se usará el software SCAPS-1D.

### MC-55 Estructura electrónica, propiedades magnéticas e hiperfinas de la ferrita $\text{NiFe}_2\text{O}_4$

Medina Chanduví H H<sup>1</sup>, Gil Rebaza A V<sup>1</sup>, Errico L A<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Noroeste de la Pcia. de Bueno Aires (UNNOBA), Monteagudo 2772, (2700) Pergamino, Argentina

Presentamos un estudio de primeros principios de las propiedades estructurales, electrónicas, magnéticas e hiperfinas de la ferrita de Níquel,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  (estructura espinela). El estudio fue realizado en el marco de la Teoría de la Funcional Densidad (DFT) mediante el método (FP-LAPW), empleando la aproximación del Gradiente Generalizado (GGA) y la aproximación GGA+U para el término de potencial e intercambio. Los cálculos muestran que la estructura de equilibrio corresponde a una

configuración invertida y antiferromagnética, en la cual los momentos magnéticos de los átomos de Fe en los sitios A están ordenados ferromagnéticamente entre sí y antiferromagnéticamente con respecto a los Fe de la sub-red de sitios B, y los átomos de Níquel tienen la misma orientación de los hierros en los sitios B. Los cálculos GGA subestiman el gap de energía del sistema, mientras que GGA+U predice un gap de 2.4 eV y un momento magnético de los átomos de Fe,  $\mu(Fe) = \pm 4,1 \mu_B$  y de Níquel,  $\mu(Ni) = \pm 1,7 \mu_B$ , valor característico para este tipo de compuestos y en acuerdo con el valor experimental reportado en la literatura (V. Nagarajan, 2017). Los resultados para las propiedades hiperfinas en los sitios Fe (corrimiento isomérico, desdoblamiento cuadrupolar y campo hiperfino) están en excelente acuerdo con los obtenidos mediante espectroscopia Mössbauer reportados en la literatura, lo que sustenta la estructura de equilibrio predicha por FP-LAPW.

Se estudió además la superficie de la ferrita de Níquel, considerando diferentes terminaciones superficiales, teniendo en cuenta en todos los casos las reconstrucciones estructurales. Los resultados que presentamos predicen que la superficie más estable es invertida, exponiendo átomos de Fe, Ni y O. Esta superficie es metálica y presenta un momento magnético neto, dando lugar a un sistema ferrimagnético.

## MC-56 Estructura y comportamiento magnético de cadenas de ftalocianinas de hierro.

Pico R<sup>1, 2</sup>, Rebola A<sup>2</sup>, Lasave J<sup>2</sup>, Abufager P<sup>2</sup>, Hamad I<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

<sup>2</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

Las ftalocianinas de hierro (FePC) son moléculas orgánicas que conjugan remarcables propiedades químicas y físicas. Su versatilidad frente a la elección del metal central, su estructura planar, estabilidad térmica y propiedades mecánicas las han hecho blanco de estudio en diversas áreas del conocimiento que van por ejemplo desde la electroquímica a la espintrónica en materiales orgánicos [1]. Una de las propiedades más interesantes que tienen estas moléculas es su capacidad para autoensamblarse y formar estructuras ordenadas tanto a nivel de monocapas con distancias entre moléculas del orden de 1.4 nm y films con distancias entre planos moleculares de 0,32 nm, crecidos sobre una superficies como en un cristal molecular. En estos últimos casos, en particular, las estructuras consisten en arreglos columnares de cadenas dentro de las cuales los átomos de Fe se alinean formando una estructura cuasi-unidimensional [2,3]. Es así que estos sistemas se ofrecen como bancos de prueba para explorar fenómenos magnéticos propios de la baja dimensionalidad y escala nanoscópica. En este trabajo, mediante cálculos de estructura electrónica utilizando la teoría de la funcional densidad (DFT), estudiamos estructuralmente cadenas de FePc. A partir de cálculos DFT que incluyen acople espínórbita, se construye un modelo magnético en el cual

intervienen interacciones de intercambio espacialmente anisotrópicas entre moléculas vecinas, y las anisotropías magnéticas de single ion longitudinal (D) y transversal (E), aunque esta última resulta de valor despreciable frente al resto de las interacciones magnéticas. En base al modelo magnético desarrollado y simulaciones Monte Carlo clásico se explora el espectro de excitaciones del sistema en función de la temperatura y del campo magnético, siendo éste caracterizado por la aparición de excitaciones tipo solitones.

1 J. M, Gottfried, Surface Science Reports 70 (2015) 259

2 F. Bartolomé, O. Bunau, L. M. Garcia, C. R. Natoliand M. Piantek, J. I. Pascual, I. K. Schuller, T. Gredig, F. Wilhelm, A. Rogalev, and J. Bartolome, Journal of Applied Physics 117 (2015), 17A735

3 N.M. Vargas, F. Torres, A.A. Baker, J.R.I. Lee, M. Kiwi, T.M. Willey, C. Monton, and I.K. Schuller, Applied Physics Letters 117 (2020) 213105

## MC-57 Estudio computacional de las propiedades termodinámicas de los compuestos Ni-X (X=In,Sn)

Bertoldi D S<sup>1 2</sup>, Ramos S B<sup>3 4</sup>, Fernández Guillermet A J<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Comahue

<sup>4</sup> Instituto PROBIEN - CONICET - Universidad Nacional del Comahue

<sup>5</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

El estudio de las fases intermetálicas de los sistemas Ni-X (X=In,Sn) tiene interés para el desarrollo de aleaciones para soldaduras libres de plomo. El sistema In-Sn es interesante, ya que presenta aleaciones con bajas temperaturas de fusión, las cuales al reaccionar con el sustrato de Ni, forman fases intermetálicas de alto punto de fusión. No obstante, para definir las propiedades de la unión y tener un mayor entendimiento de los fenómenos que tienen lugar, es importante contar con una amplia base de datos termofísicos que permita caracterizar las distintas fases intermetálicas. Esta base de datos se viene desarrollando por los presentes autores desde hace varios años, primero a través de cálculos ab initio mediante el código VASP ('Vienna Ab Initio Simulation Package') de propiedades mecánicas, elásticas y cohesivas a 0K [1], y, más recientemente, por extensión del análisis a propiedades de altas temperaturas, en el marco de la aproximación cuasi-armónica (QHA) [2]. En el presente trabajo, ampliamos el estudio de las propiedades termodinámicas de las fases intermetálicas en dos sentidos: por un lado, incorporando en los cálculos QHA la contribución electrónica a la energías de Helmholtz (F) y por otro, abordando nuevas cantidades de interés como el coeficiente isobárico de expansión térmica y el efecto de la presión sobre F.

Los resultados de las simulaciones ab initio se comparan con datos experimentales, para el caso de los elementos puros, y valores estimados mediante reglas empíricas, como la de Neumann-Kopp, para los compuestos. También se contrastan los resultados obtenidos ab initio con simulaciones mediante Dinámica Molecular y se discute críticamente el efecto de las contribuciones anarmónicas.

[1] D.S Bertoldi, S. B. Ramos, and A. Fernández Guillermet. *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 107 (2017) 93-99.

[2] D. S. Bertoldi, S. B. Ramos, and A. Fernández Guillermet. *Calphad* 71 (2020) 102205.

## MC-58 Estudio de degradación de películas de perovskitas híbridas de haluros por espectroscopía Raman

Giudici P<sup>1</sup>, López Porto C<sup>2</sup>, Correa S<sup>2</sup>, Gómez Andrade, V<sup>1</sup>, Payán Aristizábal A<sup>1</sup>, Pérez M D<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INN-CONICET

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

Las perovskitas híbridas de haluros son materiales de gran interés debido a su uso en celdas solares de alta eficiencia. Estos materiales han revolucionado la tecnología emergente de celdas solares de capa delgada debido a sus excelentes propiedades ópticas y eléctricas: *band gap* directo y fácilmente modificable, elevada longitud de difusión y movilidad de portadores, y altos coeficientes de absorción.

Junto a los reducidos costos de procesamiento, los dispositivos basados en perovskitas constituyen una oportunidad única de desarrollo de dispositivos eficientes y de bajo costo. No obstante, son materiales muy sensibles a factores como envejecimiento, humedad ambiente, temperatura, etc, que degradan rápidamente la eficiencia del dispositivo. [1-2].

La espectroscopía Raman es una técnica que estudia los modos vibracionales del material, y que aportan información relevante acerca de los cambios estructurales o electrónicos de estos materiales. La técnica de PL (y sus variantes) permite indagar a su vez acerca de la estequiometría del material, así como las características de recombinación y rugosidad de la superficie e interfaces. [3-4], En este trabajo se presenta el estudio Raman de películas delgadas de  $CH_3NH_3PbI_3$  ( $MAPbI_3$ ). Se observa la evolución del espectro Raman a medida que la muestra se degrada por efecto del láser de excitación.

Se muestra las diferencias en la señal y su evolución por diferentes longitudes de onda del láser de excitación vibracional Raman por efectos de la absorción, intensidad del

haz y calentamiento de la muestra. Asimismo, se estudia el efecto de incorporar una molécula pequeña como el ácido 2-amino tereftálico a la película de  $MAPbI_3$ . Si bien el agregado del aditivo no afecta sustancialmente las propiedades eléctricas pero se coordina a los bordes de grano y otorga hidrofobicidad que impide la penetración de humedad y posterior degradación. Mediante la técnica Raman se pueden observar las diferencias estructurales debido a la incorporación de aditivo.

- [1] ena, A. K.; Kulkarni, A.; Miyasaka, T. - Halide Perovskite Photovoltaics: Background, Status, and Future Prospects. *Chem. Rev.* 2019, 119 (5), 3036-3103. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00511>
- [2] Pistor, P.; Ruiz, A.; Cabot, A.; Izquierdo-Roca, V. - Advanced Raman Spectroscopy of Methylammonium Lead Iodide: Development of a Non-Destructive Characterisation Methodology. *Sci. Rep.* 2016, 6, 178. <https://doi.org/10.1038/srep35973>
- [3] Herrera Martínez, W. O.; Giudici, P.; Correa Guerrero, N. B.; Ibarra, M. L.; Perez, M. D. - Effect of High Energy Proton Irradiation on MAPbI<sub>3</sub> films for Space Applications Observed by Micro-Raman Spectroscopy. *Mater. Adv.* 2020, 1 (6), 206872073. <https://doi.org/10.1039/d0ma00583e>.
- [4] Jones, R. R.; Hooper, D. C.; Zhang, L.; Wolverson, D.; Valev, V. K. - Raman Techniques: Fundamentals and Frontiers. *Nanoscale Res. Lett.* 2019, 14 (1), 231. <https://doi.org/10.1186/s11671-019-3039-2>.

## MC-59 Estudio de las propiedades estructurales y magnéticas del multiferroico $YBaCu_{1-x}M_xFeO_5$ sustituido con $M = Ni$ y $Co$ .

Lohr J<sup>1 2</sup>, Franco D G<sup>2 3 4</sup>, Geuna A<sup>4</sup>, Urretavizcaya G<sup>3 2 4</sup>, Aurelio G<sup>1 2 5</sup>

<sup>1</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica. Laboratorio Argentino de Haces de Neutrones

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>4</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>5</sup> Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón y Departamento de Física de la Materia Condensada (Universidad de Zaragoza)

Los compuestos multiferroicos son de gran interés, en particular aquellos en los cuales el orden magnético está acoplado con el orden eléctrico. Uno de los orígenes para el acoplamiento magnetoeléctrico es el ordenamiento magnético no colineal de espines, por ejemplo, el de tipo espiral. Este tipo de ordenamiento rompe la simetría de inversión, permitiendo que aparezca una polarización eléctrica espontánea fuertemente acoplada al magnetismo.

Un sistema que ha despertado gran interés es el óxido complejo  $YBaCuFeO_5$  que presenta dos fases magnéticas ordenadas, una antiferromagnética colineal por debajo de  $T_{N1} \sim 450$  K y otra de tipo espiral (cicloide) cuya temperatura de orden  $T_{N2}$  se

puede sintonizar en función del desorden catiónico Cu/Fe entre 160 K y 315 K. [1,2] Esto lo convierte en uno de los pocos óxidos en donde se forma una fase magnética tipo espiral a temperaturas próximas a ambiente, volviendo a este compuesto muy atractivo para aplicaciones magnetoeléctricas. Se ha observado un pico en la permitividad eléctrica en la región de  $T_{N2}$  independiente de la frecuencia, así como una polarización espontánea y reversible a la temperatura de orden espiral, que depende del campo magnético externo aplicado. [3,4]

La síntesis de estos materiales se lleva a cabo calentando a alta temperatura (por encima de 1300 K) los óxidos de los elementos constituyentes. Se ha observado un notable efecto en la temperatura de orden espiral del material de la tasa de enfriamiento desde la temperatura de síntesis, producto del desorden Cu/Fe inducido. Tasas de enfriamiento rápido llevan a temperaturas de orden por encima de temperatura ambiente,  $T_{N2} \sim 315$  K. [5]

En este trabajo se presentarán resultados preliminares sobre un estudio del efecto de la sustitución catiónica con otros iones magnéticos en el sitio del Cu tomando como referencia el compuesto  $\text{YBaCuFeO}_5$  con mayor grado de desorden, y por ende mayor temperatura de transición  $T_{N2}$ . Se analizarán las consecuencias en la estructura cristalográfica como en las propiedades magnéticas de los compuestos con distintos porcentajes de sustitución Cu-Co y Cu-Ni, y obtenidos en distintas condiciones de síntesis. Se presentarán medidas estructurales obtenidas a partir de datos de rayos X en función del porcentaje de sustitución y tipo de síntesis. Además, se mostrará que las mediciones de magnetización DC indican una fuerte dependencia del orden espiral con la sustitución catiónica.

[1] Caignaert, V. Mirebeau, I. Bourée, F. Nguyen, N. Ducouret, A. Greneche, J. M. Raveau, B. Journal of Solid State Chemistry Volume 114, Issue 1, (1995), Pages 24-35.

[2] Morin, M., Scaramucci, A., Bartkowiak, M., Pomjakushina, E., Deng, G., Sheptyakov, D., ... Medarde, M. (2015). Physical Review B, 91(6), 064408.

[3] B. Kundys, A. Maignan, and Ch. Simon. Appl. Phys. Lett. 94, 072506 (2009).

[4] Lai, Y. C., Du, C. H., Lai, C. H., Liang, Y. H., Wang, C. W., Rule, K. C., ... Chou, F. C. (2017). Journal of Physics: Condensed Matter, 29(14), 145801.

[5] Morin, M., Canévet, E., Raynaud, A., Bartkowiak, M., Sheptyakov, D., Ban, V., ... Medarde, M. (2016). Nature communications 7, 13758.

**MC-60** **Estudio de las propiedades morfológicas, estructurales y magnéticas de óxidos mixtos submicrónicos de  $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}_{2-y}$  ( $x=0.1-0.9$ ) fabricados**

## por un método de denitración termoquímica

Tobia D<sup>1</sup>, Fernández Zuvich A<sup>2</sup>, Bevilacqua A M<sup>2</sup>, Castro F J<sup>3, 4</sup>, Winkler E L<sup>1, 4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.

<sup>2</sup> Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos (PNGRR), CNEA, Centro Atómico Bariloche (CAB), Av. Bustillo 9500, 8400 S. C. de Bariloche, Argentina

<sup>3</sup> CONICET - Centro Atómico Bariloche, Avenida Bustillo 9500, 8400 S. C. de Bariloche, Argentina

<sup>4</sup> Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo y Comisión Nacional de Energía Atómica, Av. Bustillo 9500, 8400 San Carlos de Bariloche, Argentina

La ceria ( $\text{CeO}_2$ ) sustituida con Gd es de gran interés actual para numerosas aplicaciones tecnológicas, incluyendo celdas de combustible de estado sólido (SOFCs), celdas solares y catálisis, entre otras. Por otro lado, dado que el óxido  $\text{CeO}_2$  es isoestructural al  $\text{UO}_2$ , y el sistema  $\text{UO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$  es de interés nuclear por el efecto del Gd como “absorbedor quemable”, el estudio del sistema  $\text{CeO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$  permite analizar la sustitución de Gd minimizando la manipulación del material radioactivo. Además, el Gd es un ion modelo para realizar estudios a través de medidas de resonancia paramagnética electrónica (EPR) y magnetización, lo que permite obtener valiosa información sobre las modificaciones en la estructura y correlaciones magnéticas en función de la sustitución en la matriz del óxido. En este trabajo presentaremos un estudio de las propiedades morfológicas, estructurales y magnéticas de óxidos mixtos del sistema  $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}_{2-y}$  ( $x=0.1\text{-}0.9$ ), fabricado por un novedoso método de denitración por reacción termoquímica [1] que permite transformar nitratos en óxidos en un único paso a bajas temperaturas, obteniendo un material homogéneo de tamaño submicrónico. Todas las muestras exhiben una morfología similar, con una composición homogénea dentro del material y una superficie porosa. Los estudios por difracción de rayos X de polvo muestran que el sistema presenta tanto solubilidad de Gd en la estructura tipo fluorita del  $\text{CeO}_2$  como de Ce en la estructura tipo bixbyita (o tipo C) del  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ . Los estudios por magnetización DC señalan que la inversa de la susceptibilidad magnética en función de la temperatura tiene un comportamiento tipo Curie-Weiss en el intervalo 5-300 K para todo el rango de composición estudiado y valores para el momento magnético efectivo levemente inferiores al valor calculado para el ion  $\text{Gd}^{3+}$ . Los espectros EPR muestran que para concentraciones superiores al  $\sim 50\%$  at. de Gd todas las curvas pueden ajustarse con una única línea tipo lorentziana, mientras que para concentraciones inferiores aparecen claramente dos señales. Esto es consistente con la presencia de iones de Gd localizados en sitios cristalográficos diferentes dentro del material. Estos resultados permiten confirmar la eficiencia del método para la fabricación de muestras submicrónicas de composición homogénea para el sistema  $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}_{2-y}$ , logrando una sustitución iónica del Ce o del Gd en la respectiva matriz del óxido, según el intervalo de  $x$  estudiado.

[1] Arturo M. Bevilacqua, Afra Fernández Zuvich, et al., “Method for obtaining nanoparticulated ashes of actinide, lanthanide, metal and nonmetal oxides from a nitrate solution or from a nitrate, oxide, metal and non-metal suspension”. Patente WO 2021/019319 A1

## MC-61 ESTUDIO DEL EFECTO FORMADOR MIXTO EN MATRICES DE BORO Y SELENIO, CON POTENCIAL APLICACIÓN EN OPTOELECTRÓNICA

Cardillo E<sup>1, 2</sup>, Frechero M<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Investigador Comisión de Investigaciones Científicas PBA

<sup>2</sup> Instituto de Química del Sur - Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca

<sup>3</sup> Instituto de Química del Sur-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina

Para este trabajo se propuso la formulación de una nueva familia de matrices vítreas inorgánicas a base de  $B_2O_3$  y  $SeO_2$ , modificados con  $Na_2O$  y  $Bi_2O_3$ . El objetivo principal fue estudiar el Efecto Formador Mixto para obtener una matriz con la estabilidad química necesaria para su aplicación en el campo de los materiales optoelectrónicos, donde una menor energía fonónica sea alcanzada en virtud de las modificaciones estructurales inducidas por los óxidos formadores-modificadores seleccionados. La síntesis se realizó por el método de quenching a partir de reactivos de grado analítico, tal y como se describe en [1,2,3]. Tanto la Difracción de Rayos X (XRD) como la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) permitieron asegurar la naturaleza vítrea de los sólidos obtenidos. Las características estructurales se estudiaron mediante Espectroscopia FTIR, Espectroscopia UV-Vis, medidas de densidad por el método del desplazamiento y SEM-EDX. A partir de los resultados de SEM-EDX se pudo observar que la incorporación de selenio en la matriz es parcial, poniendo en evidencia que el método de quenching de un solo paso provoca la pérdida de cierta proporción del óxido de selenio; a partir de esta observación propusimos una modificación al método de preparación, aplicando vía húmeda y quenching en pasos sucesivos. En los materiales obtenidos fueron detectados parte de los cambios estructurales buscados, los que pudieron ser corroborados mediante espectroscopía FTIR, que mostraron una depolimerización de la matriz de borato, mayormente debida a los iones bismuto. Al considerar la volatilización parcial del óxido de selenio observada, la proporción Bi/B se quedó alterada en las distintas composiciones formuladas provocando que el bismuto actúe como modificador-formador de la matriz vítrea. El estudio de la respuesta eléctrica de los materiales obtenidos mediante Espectroscopía de Impedancia mostraron un incremento en la permitividad de acuerdo a lo esperado por el Efecto Formador Mixto, una propiedad fundamental en el desarrollo de los materiales de interés.

1- Novel selenium containing boro-phosphate glasses: Preparation and structural study- R. Ciceo-Lucacel, T. Radu, O. Ponta, V. Simón - Materials Science and Engineering C 39 (2014) 61-66  
2- Mixed valence effect of  $Se^{6+}$  and  $Zr^{4+}$ , on structural, thermal, physical, and optical properties of  $B_2O_3$ -  $Bi_2O_3$ - $SeO_2$ - $ZrO_2$  glasses. Seema Thakur, Anumeet Kaur, Lakhwant Singh. Optical Materials 96 (2019) 109338  
3- Structure and dielectric properties of  $Ag_2O$ - $SeO_2$ - $TeO_2$  mixed former glasses. A. Palui, A. Ghosh. Journal of Non Crystalline Solids 482 (2018) 230-235

evangelina.cardillo@uns.edu.ar, frechero@uns.edu.ar

## MC-62 Estudio de un protocolo para una compuerta cuántica basada en la transición Landau-Zener

Caceres J<sup>1, 2</sup>, Dominguez D<sup>2, 1</sup>, Sanchez M J<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

Para la implementación de una computadora cuántica, la decoherencia en los qubits motiva la búsqueda de nuevos protocolos que optimicen la coherencia de compuertas cuánticas. Recientemente, se ha propuesto un nuevo tipo de compuerta "Landau-Zener"(LZ) en el que se manipula un qubit mediante pulsos de baja frecuencia, no resonantes pero de amplitud muy grande, de modo tal de usar la transición Landau-Zener al pasar por un cruce evitado. En el presente trabajo se presentará un protocolo usando una compuerta LZ para el control universal de un qubit y se detallará los efectos del ruido debido al entorno.

## MC-63 Estudio DFT de estructuras amorfas y cristalinas de $\text{Li}_x\text{Si}$ y $\text{Li}_x\text{Sn}$

Brizuela J<sup>1</sup>, Fernandez F<sup>1</sup>, Bracamonte M V<sup>1</sup>, Barraco D<sup>1</sup>, Otero M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Matemática Astronomía Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba, e Instituto de Física Enrique Gaviola, CONICET

La incorporación de fuentes renovables de generación de energía a la red y el crecimiento del uso de vehículos eléctricos esta generando un notable aumento en la demanda de baterías de ion-litio (BIL). Año a año se requieren BIL con mayor capacidad y durabilidad, lo que ha llevado a la búsqueda de materiales alternativos. El ánodo usado en las BIL comerciales se basa en grafito y presenta una capacidad específica teórica de 372 mAh/g, con gran estabilidad ante el ciclado. Actualmente se están estudiando otros semiconductores del grupo IV, como el silicio (Si) y el estaño (Sn), dado que pueden ofrecer capacidades considerablemente superiores, de 3579 mAh/g y 990 mAh/g respectivamente. Sin embargo, la aplicación de estos materiales, se encuentra limitada por su pobre ciclabilidad debido a los grandes cambios de volumen durante los procesos de litiación/delitiación, causando debilitación estructural, pérdida de capacidad y la ulterior pulverización del electrodo en pocos ciclos. Existe un gran interés científico y tecnológico en estudiar cuales son los procesos y mecanismos que llevan a este fenómeno buscando aumentar la ciclabilidad y así aprovechar esta alta capacidad.

Los cálculos de primeros principios basados en la Teoría del Funcional Densidad (DFT) son un herramienta muy precisa para estudiar las estructuras que se forman en las BIL. Los cálculos de minimización de energía, con relajación estructural, permiten conocer las posibles conformaciones de cada material, los potenciales de litiación y la conductividad. El contraste de los mismos con la caracterización experimental (DRX, TEM, RMN, difracción de neutrones, entre otros) lleva a una interpretación más detallada de los resultados. Los estudios experimentales y teóricos de bibliografía resaltan que la litiación/delitiación conduce a la "amorfización" del electrodo [2], por este motivo es útil modelar estos procesos asumiendo que el Si y el Sn forman aleaciones amorfas con Li.

Presentamos los resultados de un estudio sobre la litación de Si y Sn a través de cálculos DFT. Utilizando el protocolo propuesto por Chevrier et al. [1], se generaron estructuras amorfas de  $\text{Li}_x\text{Si}$  y  $\text{Li}_x\text{Sn}$  calculando para cada una de ellas su energía de formación, distribución de cargas, volumen y potencial de litación. Los cálculos fueron realizados mediante el uso del software Quantum Espresso con el formalismo de ondas planas empleando pseudopotenciales PAW, con el potencial de correlación e intercambio PBE. Los resultados obtenidos muestran que para ambos sistemas existe un crecimiento lineal del volumen con la proporción de litio, provocando cada litio un incremento de  $16,6 \text{ \AA}^3$  y  $18,6 \text{ \AA}^3$ , para  $\text{Li}_x\text{Si}$  y  $\text{Li}_x\text{Sn}$  respectivamente. A su vez el análisis de bader permitió estudiar la redistribución de carga dentro del material. Se observa que para cada estructura, mientras la carga de Li se mantiene constante, la de Si (Sn) aumenta en cantidad y en dispersión a medida que crece la concentración de litio.

[1] Chevrier, V. L., and Jeff R. Dahn, *Journal of the Electrochemical Society* 156.6 (2009): A454.

[2] Limthongkul, Pimpa, et al., *Journal of Power Sources* 119 (2003): 604-609.

## MC-64 Estudio DFT del efecto del grado de grafitización de carbono en el fraccionamiento isotópico de litio

Cabello F<sup>1 2 3</sup>, Bellora M S<sup>2 3</sup>, Corti H<sup>2 3</sup>, Viva F<sup>2 3</sup>, Vildosola V<sup>2 3</sup>, Barral M A<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Departamento de Física de la Materia Condensada GlyA -CNEA*

<sup>3</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)*

En los últimos años, las sales enriquecidas en los isótopos estables del Li,  $^6\text{Li}$  y  $^7\text{Li}$ , han ganado terreno en aplicaciones dentro de la tecnología nuclear. La búsqueda de métodos de separación isotópica más eficientes y ambientalmente amigables se ha visto estimulada por la creciente demanda de las sales enriquecidas y de su valor agregado. Entre ellos, los métodos electroquímicos se presentan como una alternativa viable para reemplazar a los métodos tradicionales de separación basados en mercurio.

El proceso de separación isotópica mediante métodos electroquímicos depende de las características de los materiales utilizados, además de las variables de trabajo como la temperatura, densidad de corriente, entre otras. Identificar mediante modelado fisicoquímico cuáles son los factores más relevantes o limitantes para lograr una separación más eficiente es de incalculable valor a la hora de elegir los materiales a investigar experimentalmente. En este sentido, los materiales grafiticos destacan por su comprobada aplicación como matriz de intercalación para iones litio, aspecto clave del éxito de las baterías Li-ion.

El grado de grafitización se encuentra determinado principalmente por el número de láminas de grafeno que componen las cristalitas. En general, se considera carbón grafitico cuando existen 10 o más láminas ordenadas, y carbón no-grafítico, amorfo o "hard carbon" cuando el número de láminas de grafeno es menor a 10. En este trabajo, se estudió el efecto del

grado de grafitización en el fraccionamiento isotópico teórico de litio. Para ello, se simuló mediante DFT, litio intercalado en diferentes stacks de grafeno, variando el número de láminas componentes desde 1 hasta 8. Se calculó las frecuencias de vibración de los átomos en las estructuras resultantes, lo que a través de las funciones de partición reducidas, nos permitió calcular el factor de fraccionamiento isotópico de equilibrio,  $R$ , para cada estructura simulada [1-2]. Se analizaron los  $R$  calculados y se compararon con resultados experimentales disponibles.

Los resultados teóricos indican que el fraccionamiento isotópico se ve influenciado positivamente cuando el stack de grafeno posee hasta 3 láminas. Para números mayores de láminas, no existe gran diferencia de fraccionamiento teórico entre el stack de grafeno y el grafito. Este aumento en el fraccionamiento puede atribuirse a la distancia interplanar entre las láminas de grafeno, que es inversamente proporcional al número de láminas. Las estructuras que más restrinjan la vibración de los átomos adsorbidos o intercalados darán lugar a un menor fraccionamiento isotópico, lo que puede indicar que carbones con poco grado de grafitización son deseables para aplicaciones de separación isotópica.

[1] J Bigeleisen et al, J. Chem. Phys 15 (1947) 261

[2] M Méheut et al, Geochim. Cosmochim. 71 (2007) 3170

[3] Dahn et al, J. Electrochem. Soc. 148 (2001) A803

[4] Linsenmann et al, J. Electrochem. Soc. 168 (2021) 10506

## MC-65 Estudio metodológico de aplicación del modelo de Hubbard (DFT+U) al átomo-sonda Ta utilizando como herramienta al GCE en $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ : ( $^{181}\text{Hf} \rightarrow$ ) $^{181}\text{Ta}$

Darriba G N<sup>1</sup>, Faccio R<sup>2</sup>, Rentería M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física e Instituto de Física La Plata (IFLP, CCT La Plata, CONICET-UNLP), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, CC 67, 1900 La Plata, Argentina

<sup>2</sup> Centro NanoMat, DETEMA, Facultad de Química, Universidad de la República, Uruguay

En este trabajo presentamos resultados provenientes de cálculos *ab initio* de estructura electrónica en el semiconductor  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  dopado con impurezas Ta, dentro del formalismo de la Teoría de la Funcional Densidad (DFT). Además de realizar un estudio completo de las propiedades estructurales y electrónicas del sistema impureza-huésped, estudiamos el tensor gradiente de campo eléctrico (GCE) ya que reviste gran interés dado a su alta sensibilidad a pequeños cambios en la densidad electrónica  $\rho(\vec{r})$  en un entorno muy cercano (subnanoscópico) al átomo-sonda donde el GCE desea ser medido, en este caso el ( $^{181}\text{Hf} \rightarrow$ )  $^{181}\text{Ta}$ . Para este estudio utilizamos dos métodos all-electron de base diferente, el full-potential augmented plane wave plus local orbitals (FP-APW+lo) y el projector augmented wave (PAW), implementados en los códigos WIEN2k y VASP, respectivamente.

Dado que la sustitución de un átomo de  $\text{Al}^{3+}$  por uno de  $\text{Ta}^{5+}$  genera un nivel de impureza "doble"donor, los cálculos fueron realizados en función del grado de ionización de dicho nivel donor. Asimismo, estudiamos diferentes tamaños de supercelda (para todos los estados de carga propuestos) con el fin de encontrar la condición de impureza aislada, tal como ocurre en los experimentos de correlaciones angulares perturbadas diferenciales en tiempo (TDPAC) con los cuales contrastamos nuestras predicciones teóricas.

Mediante la comparación del GCE determinado experimentalmente mediante la espectroscopia TDPAC y el predicho por los cálculos *ab initio*, junto con un estudio completo de energías de formación de defectos en función del estado de carga de la impureza, mostramos la necesidad de incluir un parámetro  $U$  (DFT+ $U$ ) para representar a los orbitales  $5d$  de la impureza Ta, y de esta forma obtener una predicción confiable de  $\rho(\vec{r})$  así como una correcta asignación de las interacciones hiperfinas observadas experimentalmente.

Finalmente, más allá de mostrar los efectos causados por la inclusión del parámetro  $U$ , trataremos de entender por qué la inclusión de este parámetro en la impureza Ta es en cambio irrelevante cuando ésta sustituye a un catión en los sistemas  $\text{TiO}_2$  y  $\text{SnO}_2$ , ambos con estructura rutilo.

## MC-66 Estudio por DFT de la influencia de las vacancias de oxígeno sobre el gas de electrones bidimensional encontrado en la superficie de $\text{SrTiO}_3$ , puro y recubierto con Al

González Rodríguez Diez M<sup>1, 2</sup>, Weht R O<sup>2, 1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Tecnología Jorge A. Sabato - UNSAM

<sup>2</sup> Departamento Física de la Materia Condensada, CNEA, Avda General Paz y Constituyentes, 1650 San Martín, Argentina

En este trabajo se estudiaron, mediante códigos basados en la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT), las vacancias de oxígeno en  $\text{SrTiO}_3$  y  $\text{SrTiO}_3$  recubierto con Al, para analizar su influencia sobre el gas de electrones bidimensional que se observa experimentalmente en la superficie de estos sistemas. Se encontró que en ambos casos las bandas que se pudieron obtener se asemejan a aquellas obtenidas mediante Espectroscopia de Fotoemisión Resuelta en Ángulo (ARPES) y que, en el caso de  $\text{SrTiO}_3$ , las capas donde esta conducción toma lugar no es la propia superficie, sino en capas más internas. Estudiando la energía de formación de vacancias se demostró que existe un sitio preferencial para las mismas es en la superficie (la cual corresponde a una capa de  $\text{TiO}_2$ ) y que la posición menos favorable es la segunda capa (de SrO). Utilizando la técnica *Nudged Elastic Band* (NEB) también pudimos hallar que al sistema se lo puede dividir en dos zonas bien definidas: las "capas superficiales" (compuestas por las primeras dos capas) y las "capas subsuperficiales", donde si un defecto se encuentra inicialmente en una de estas, difícilmente pueda pasar a la otra, al menos a bajas temperaturas, debido a las altas barreras energéticas que necesita superar para poder hacerlo. Se propone que esta división puede estar favoreciendo la estabilidad de este sistema bidimensional debido a que permite confinar a las vacancias en la superficie. Para los sistemas terminados en Al se encontró que las vacancias en la capa de  $\text{TiO}_2$  más externa presentan

una menor energía que en la propia superficie, lo que lleva una barrera energética que estos defectos necesitan superar para ser reemplazados por un átomo de oxígeno, y que en este caso la conducción ocurre sí en la primera capa de  $TiO_2$  (en vez de las capas más internas como se veía antes).

## MC-67 Estudios computacionales de adsorción y difusión de Ag sobre superficies de $TiO_2$ .

Avalle L B<sup>1</sup>, Oliva F Y<sup>2</sup>, Reinaudi L<sup>3</sup>, Giménez M C<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC

<sup>2</sup> INFIQC (CONICET), Dpto. de Físicoquímica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba. Ciudad Universitaria. 5000 Córdoba. Argentina.

<sup>3</sup> Departamento de Química Teórica y Computacional, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

<sup>4</sup> Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba, Instituto de Física Enrique Gaviola CONICET-UNC

Los estudios relacionados con la difusión de plata sobre superficies de óxidos son relevantes en las investigaciones de los mecanismos de nucleación y crecimiento presentes en la formación de nanopartículas metálicas [1, 2]. Estos sistemas son optimizados para su aplicación en diversas áreas, como lo son por ejemplo en el diseño de dispositivos optoelectrónicos [3] y en el diseño de películas protectoras [4].

En el presente trabajo se realizaron estudios computacionales, mediante cálculos ab-initio y simulaciones de Monte Carlo, de adsorción de átomos de plata sobre superficies (001) de rutilo. Se estudió la adsorción en diferentes sitios sobre la superficie, con el fin de encontrar el más estable. Para la difusión de un átomo de plata desde uno de los sitios más estables a un sitio vecino, se utilizó el método de la banda elástica (NEB). En el sitio más estable también, se calcularon las energías de adsorción de un átomo aislado y en presencia de átomos de plata vecinos. Esta información se utilizó para realizar simulaciones de Monte Carlo de isothermas de adsorción entre otras cosas.

### Referencias

[1] Gold and Silver Clusters on  $TiO_2$  and  $ZrO_2$  (101) Surfaces: Role of Dispersion Forces. Antonio Ruiz Puigdollers, Philomena Schlexer, Gianfranco Pacchioni. J. Phys. Chem. C 119, 27 (2015) 15381-15389. DOI : 10,1021/acs.jpcc,5b04026.

[2] Influence of Ag Clusters on the Electronic Structures of  $\beta - Ga_2O_3$ . Photocatalyst Surfaces. Muneaki Yamamoto, Akihide Kuwabara, Tomoko Yoshida. ACS Omega 6 (2021) 33701-33707. DOI : 10,1021/acsomega,1c04730.

[3] Effect of Ag layer thickness on optical and electrical properties of ion-beam-sputtered  $TiO_2/Ag/TiO_2$  multilayer thin film. Singh R., Gupta M., Mukherjee S.K. J Mater Sci: Mater Electron 33 (2022) 6942-6953. DOI : 10,1007/s10854 - 022 - 07873 - y

[4] Investigation of silver diffusion in  $TiO_2/Ag/TiO_2$  coatings. J. Kulczyk-Malecka, P.J. Kelly, G. West, G.C.B. Clarke, J.A. Ridealgh, K.P. Almqvist, A.L. Greer, Z.H. Barber. Acta Materialia 66 (2014) 396-404. DOI : 10,1016/j.actamat,2013,11,030.

## MC-68 Estudios computacionales y experimentales

## de monocapas mixtas para la administración de fármacos

Reviglio A L<sup>1</sup>, Fernández L<sup>1</sup>, Santo M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales - Universidad Nacional de Río Cuarto*

Las monocapas de Langmuir son películas monomoleculares, compuestas de moléculas anfifílicas, con una estructura bidimensional formada en la interfase aire-agua. Las mismas, se han estudiado desde hace tiempo, ya que tienen aplicaciones importantes en muchos campos de investigación como lo es la nanomedicina. Más aún, en el último período ha cobrado gran interés el estudio de estas monocapas como sistemas de vehiculización de fármacos. [1]

En este trabajo se presenta la generación y caracterización de monocapas de Ácido Palmítico (AP) con la inclusión de un fármaco anticancerígeno, Albendazol (ABZ), y la respuesta biológica a las láminas soporte-droga obtenidas. La caracterización fisicoquímica de estos sistemas está ampliamente desarrollada, con lo que es posible un análisis pormenorizado de los mismos mediante diferentes propiedades, que en general quedan determinadas por las fuerzas intermoleculares establecidas entre las partes. Sin embargo, la disposición estructural de las componentes de estas monocapas, y la localización del fármaco dentro de ellas no se conocen completamente.

Una buena aproximación a la elucidación de la organización de los diferentes moléculas en la monocapa se obtuvo a partir de estudios ab-initio, mediante la utilización de Teoría del Funcional de la Densidad Electrónica (DFT). Esta metodología permite la caracterización de la monocapa de AP puro, obteniendo su estructura y las fuerzas e interacciones allí existentes. [2] Una vez caracterizada la estructura de AP, se incluyó ABZ buscando conocer y explicar la formación de la monocapa con el fármaco incorporado. El estudio sistematizado de las posibles estructuras permitió obtener las energías de formación de los diferentes arreglos para evaluar la estabilidad de los mismos, definir las posibles conformaciones y la ubicación más probable de los compuestos activos en las películas generadas. Los resultados obtenidos nos permiten concluir que los sistemas estudiados pueden proyectarse como materiales interesantes para ser utilizados en la administración de drogas mediada por superficie.

[1] Fernández et. al., Heliyon, 7, 3, (2021) e06436

[2] Toledano et. al, Phys. Chem. Chem. Phys., 21 (2019), 11203

## MC-69 Estudios in situ de $(\text{Cr,Ti})_2\text{O}_3$ en presencia de compuestos orgánicos volátiles por técnicas espectroscópicas

Lima Jr E<sup>1</sup>, Valdés D<sup>1 2</sup>, Tobia D<sup>1</sup>, Sánchez R D<sup>1 2</sup>, Saleta M<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CONICET-CNEA), Centro Atómico Bariloche*

<sup>2</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica*

La detección y cuantificación de gases, hidrocarburos y compuestos orgánicos volátiles (VOCs) es vital en el área de salud, diagnóstico médico y cuidado del medio ambiente. Existe una

extensa lista de patologías y síntomas que se observan tras la exposición a éstos. Adicionalmente, algunas enfermedades provocan la liberación de vapores de compuestos orgánicos en la respiración de los pacientes.

Por ejemplo, el aliento de pacientes con bacterias intestinales (*Helicobacter Pylori*) se detecta hidrógeno y metano, producido durante la descomposición de azúcares por las bacterias. En pacientes afectados por el raro síndrome de fermentación alcohólica endógena el hálito de estos posee trazas de etanol y en los que padecen de cetoacidosis diabética contiene pequeñas cantidades de acetona. En particular, la detección y cuantificación de pequeñas concentraciones de acetona en el aliento es un nuevo desafío para el control de la, ya mencionada, cetoacidosis diabética o control de dietas cetogénicas en pacientes con epilepsia. Surge así la necesidad de contar con un sistema de detección de acetona efectivo y versátil que permita cuantificar contenidos desde concentraciones ínfimas a grandes cantidades, siempre teniendo en cuenta que estos materiales no den falsos positivos frente a otros gases y/o VOCs presentes en la respiración.

Los óxidos semiconductores de metales de transición se están utilizando exitosamente con estos fines desde la década de los 60s. En este contexto, en este trabajo estudiamos las propiedades de detección del sesquióxido mixto de Cr-Ti ( $\text{Cr}_{2-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$  - CTO). El CTO es isoestructural con el  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (estructura corundum en el grupo espacial  $R\bar{3}c$ ). El CTO ha llamado la atención debido a sus rápidos tiempos de respuesta y alta sensibilidad a diversas moléculas pequeñas, las que modifican la resistencia eléctrica del material en función de su concentración. En particular en este trabajo estudiamos CTO sintetizado por Liquid-Mix. Desde el punto de vista de la detección por cambios en las propiedades eléctricas, los resultados indican una buena sensibilidad y capacidad de cuantificación de diferentes compuestos volátiles (acetona, etanol, isopropanol y ácido acético).

Adicionalmente a la clásica medición de los cambios en la resistencia producida por la presencia de VOCs en la atmósfera se han realizado mediciones *in situ* de espectrometría infrarojo utilizando un espectrómetro FTIR. El análisis de las bandas muestra corrimientos en la posición de los picos. Estos corrimientos son el resultado de las distorsiones en las bandas de energía las cuales provocan cambios en la resistencia del material. Por último, presentaremos estudios preliminares de espectros de resonancia de espín electrónico (ESR) de CTO en presencia de diferentes VOCs.

## MC-70 Estudio teórico de la interacción de CO adsorbido sobre $\text{Pt}_{13}$ cuboide soportado sobre rutilo $\text{TiO}_2(110)$

Maldonado A S<sup>1 2</sup>, Ramos S B<sup>1 2</sup>, Cabeza G F<sup>3 4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas - CONICET - UNCo

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Comahue

<sup>3</sup> Departamento de Física - Universidad Nacional del Sur

<sup>4</sup> Instituto de Física del Sur - CONICET-UN del Sur

La adsorción de partículas subnanométricas sobre superficies de óxidos tales como el  $\text{TiO}_2$

juega un rol muy importante para el diseño de catalizadores heterogéneos modelo. Un trabajo experimental reciente basado en microscopía electrónica de transmisión de barrido dinámico (STEM) mostró que, para clústeres depositados sobre carbón, existe una fuerte tendencia del clúster a adoptar una estructura consistente con la celda cúbica de la estructura FCC, con un átomo faltante en uno de los vértices, estructura a la cual se la denominó cuboide [1]. Esto nos ha motivado a considerar dicha estructura en forma aislada, como otro posible isómero de baja energía, a los efectos de comparar su estabilidad relativa frente a otras estructuras previamente estudiadas por nuestro grupo (icosaédrica (Ih), octaédrica (Oh) y tipo doble triángulo (DT)) [2]. En este trabajo investigamos la adsorción del monóxido de carbono (CO) sobre clústeres cuboides de Pt<sub>13</sub> depositados sobre la superficie reducida de TiO<sub>2</sub>(110), empleando cálculos basados en la teoría de la funcional densidad (DFT+U), incluyendo el coeficiente de Hubbard (U) en el óxido. El objetivo es caracterizar el sistema clúster/sustrato para proveer información relevante respecto a aspectos estructurales, energéticos y de transferencia de carga que resultan fundamentales a la hora de evaluar la capacidad catalítica del sistema. Estudios preliminares nos han permitido observar que el clúster aislado Pt<sub>13</sub> cuboide, es estable en forma aislada ( $E_{coh} = -4.37$  eV/at), y tiende a estabilizarse ( $E_{coh} = -7.40$  eV/at) o desestabilizarse ( $E_{coh} = -3.50$  eV/at) dependiendo de la orientación al depositarse sobre la superficie, experimentando una reestructuración de manera de incrementar la interacción con la misma. En primer lugar analizamos las configuraciones de Pt<sub>13</sub> cuboide aislado y depositado a los efectos de caracterizar sus estructuras de equilibrio, y determinar sus energías de cohesión, momentos magnéticos y espectro vibracional. Como paso siguiente, se estudió la adsorción de CO en diferentes sitios, para determinar cuáles son los más favorables en vista al rol importante que juega el sistema Pt/rutilo como catalizador en la reacción de oxidación de CO para formar CO<sub>2</sub>.

#### Referencias

- [1] Henninen et. al, *Angew Chem.* 131 (2019) 2-9.  
 [2] Maldonado et al., *J. of Physics and Chemistry of Solids* 131 (2019) 131-138.

## MC-71 Estudio teórico-experimental de las propiedades estructurales, magnéticas y electrónicas del compuesto LaFe<sub>0,5</sub>V<sub>0,5</sub>O<sub>3</sub>

Villa Hernández J I<sup>1</sup>, Deluque Toro C<sup>2</sup>, Gil Rebaza A V<sup>3</sup>, Landínez Téllez D<sup>1</sup>, Roa-Rojas J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Física de Nuevos Materiales, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, AA 5997, Bogotá DC, Colombia

<sup>2</sup> Grupo de Nuevos Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia

<sup>3</sup> Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET

El amplio rango de aplicaciones que poseen los materiales con estructura perovskita (ABO<sub>3</sub>) motivan la continua búsqueda de modificar sus propiedades a través de diferentes técnicas de síntesis y sustituciones catiónicas en las posiciones A y B. La diversidad que ofrecen estas estructuras radica en la flexibilidad estructural con que cuentan, producto de las rotaciones

de los octaedros y los desplazamientos catiónicos que pueden llegar a tener lugar.

Mediante el método de síntesis de combustión de gel asistido se sintetizaron muestras policristalinas del material  $\text{LaFe}_{0,5}\text{V}_{0,5}\text{O}_3$ . El análisis estructural de las muestras fue realizado mediante difracción de rayos X (DRX) y refinamiento Rietveld, mostrando que el material cristaliza en una estructura primitiva ortorrómbica, con grupo espacial  $Pnma$  (#62). La respuesta magnética del material fue analizada mediante medidas de susceptibilidad magnética DC en función de la temperatura ( $50 \text{ K} < T < 350 \text{ K}$ ) y magnetización en función del campo magnético evidenciando un comportamiento antiferromagnético con una posible coexistencia de una pequeña fase ferrimagnética atribuida a anisotropías de forma que se dan en el material producto del método de síntesis.

El estudio experimental ha sido complementado con cálculos de primeros principios basado en la Teoría de la Funcional Densidad (DFT), usando el método de pseudopotenciales y ondas planas (VASP), donde se ha explorado el estado ferromagnético y diferentes configuraciones antiferromagnéticas entre los átomos de Fe y V, permitiendo así determinar el estado fundamental estructural y magnético. En el análisis las propiedades electrónicas muestran que el material tiene un comportamiento levemente metálico y con una posible coexistencia de una pequeña fase ferrimagnética cuando se fija el momento magnético.

Los resultados experimentales y teóricos se complementan satisfactoriamente.

## MC-72 Evidencias de la formación de Dímeros y una fase de Skyrmions en el compuesto No-centrosimétrico $\text{Eu}_2\text{Pd}_2\text{Sn}$

Sereni J G<sup>1</sup>, Giovannini M<sup>2</sup>, Curlik I<sup>3</sup>, Reiffers M<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Bajas Temperaturas - CAB-CNEA - CONICET - IB-UNCuyo - ANSES*

<sup>2</sup> *Dipartimento di Chimica - Università di Genova, Italia*

<sup>3</sup> *Faculty of Humanities and Natural Sciences, University of Presov, Eslovaquia*

El compuesto ternario  $\text{Eu}_2\text{Pd}_2\text{Sn}$ , de estructura no-centrosimétrica, está formado por cadenas de átomos de Eu dispuestas en forma zig-zag [1]. Su peculiaridad está en la reducida distancia inter-atómica, un 8.5 % inferior a la del elemento puro en su configuración electrónica  $\text{Eu}^{2+}$  [2]. El fuerte solapamiento electrónico resultante induce la progresiva formación de dímeros (Eu-Eu) magnéticos por debajo de los 70 K. Este mecanismo cuántico permite entender la desviación de la susceptibilidad magnética  $\chi(T)$  de la ley de Curie-Wiess (C-W) que por encima de esa temperatura se describe con una constante de Curie:  $C_{HT}=7.8 \text{ emu K/Euat.Oe}$  y temperatura de C-W:  $\theta_{HT}=18 \text{ K}$ . A la temperatura de orden antiferromagnético (AF):  $T_N=13.3 \text{ K}$  esos valores son:  $C_{TN}=14.17 \text{ emu K/Euat.Oe}$  y  $\theta_{TN}=-4.5 \text{ K}$ . De la misma manera se explica la variación de la magnetización  $M(B)$  respecto de la función de Brillouin de un momento orbital  $J=7/2$  (a  $T > 70 \text{ K}$ ) hacia uno de  $J_D=7$  (a  $T \rightarrow T_N$ ).

El modelado [3] de  $\chi(T)$  entre  $70 \text{ K}$  y  $T_N = 13,3 \text{ K}$  propone una promoción tipo Boltzmann entre dos configuraciones electrónicas. La configuración de base está compuesta por un par de átomos de Eu condensados en una única cuasipartícula (dímero de  $J_D = 7$ ) e interactuando AF ( $\theta_{TN} = -4,5 \text{ K}$ ) entre dímeros. Por su parte, la configuración excitada es de dos átomos  $\text{Eu}^{2+}$  independientes interactuando ferromagnéticamente ( $\theta_{HT} = 18 \text{ K}$ ) entre

sí. Este esquema explica también la notable reducción de la entropía observada a  $T = T_N$ :  $S(T_N) = 0,64 R \ln(8) = 11 \text{ J/K Euat.}$ , ya que para la red de dímeros (con un momento orbital:  $J_D = 7$ ) se tiene un valor equivalente:  $S(T_N) = R/2 \ln(15) = 11 \text{ J/K mol}$ , notando que:  $1 \text{ mol} = 1 \text{ dímero} = 2 \text{ Euat.}$

El rico diagrama de fases magnéticas de este compuesto se obtiene en base al análisis de las respectivas derivadas de los parámetros magnéticos  $\partial\chi/\partial T$  y  $\partial M/\partial B$ , medidas a pasos de  $\Delta B = 0,1 \text{ T}$ , además de la dependencia en campo magnético del calor específico y la magnetoresistencia. Las varias fases magnéticas, además de dos puntos críticos, son reconocidas en el diagrama a través de sendos campos críticos. Algunas de esas fases pueden ser identificadas en base a su similitud con otros compuestos de Eu. Entre ellas esta la posible presencia de una red de *skyrmions* favorecida por la disposición entrecruzada (a  $65 \text{ [2]}$ ) de las cadenas diméricas con las de una capa vecina. Esta topología provee las condiciones para la frustración magnética. Dichas condiciones se corresponden con las propuestas teóricas [4] para los correspondientes diagramas de fase donde las interacciones entre capas corresponden a las observadas en este compuesto.

[1] I. Doverbratt, S. Ponou, Y. Zhang, S. Lidin; Chem. Mater. 27 (2015) 304.

[2] M. Giovannini, I. Curlik, R. Freccero, M. Reiffers, J. Sereni; Inorg. Chem. 60 (2021) 8085.

[3] J.G. Sereni, I. Curlik, M. Reiffers, M. Giovannini; Phys. Rev. B, submitted, arXiv:2207.08969v1 [cond-mat.str-el] 18 Jul 2022.

[4] S-Z. Lin, C.D. Batista; Phys. Rev. Lett. 120 (2018) 077202.

## MC-73 Evolución temporal de la magnetización en películas delgadas ferrimagnéticas

Rodríguez Estela J C<sup>1,2</sup>, Guyon M<sup>3</sup>, Avilés-Félix L<sup>1,2</sup>, Bruchhausen A<sup>1,2</sup>, Curiale J<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> INN-CONICET

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

En los materiales ferromagnéticos, la capacidad de modificar distintos parámetros y así sintonizar sus propiedades magnéticas es fundamental para el desarrollo de distintos dispositivos espintrónicos y optoelectrónicos como de memorias magnéticas, osciladores de alta frecuencia, etc. [1, 2]. En particular, hay un parámetro denominado damping que está relacionado con la dinámica a través de la cual los momentos magnéticos vuelven al equilibrio luego de haber sido desestabilizados [3]. Según la aplicación que se le vaya a dar al material magnético se busca que el valor del damping sea pequeño o grande. En este contexto, cuantificar el valor de este parámetro y comprender las razones microscópicas que los gobiernan es de gran importancia desde el punto de vista fundamental y aplicado [2,4]. En los materiales ferrimagnéticos (FiM) se observa un escenario aún más complejo en cuanto a su comportamiento magnético. Dependiendo de la composición, existe una temperatura de compensación magnética (TM) y además una temperatura de compensación angular (TA) [5], lo cual enriquece enormemente la física involucrada y la fenomenología observada. Hay indicios, a partir de evidencias experimentales y predicciones teóricas, que sugieren que en torno a TA se produce

un aumento muy marcado de la velocidad de las paredes de dominios magnéticos relacionado con una divergencia del damping efectivo [6, 7]. En este trabajo presentamos los avances en el desarrollo de un magnetómetro de efecto Kerr resuelto en tiempo (TR-MOKE), que nos permite explorar la evolución de la magnetización en la ventana temporal que va desde los 10-14 s (decenas de fs) hasta los 10-8 s (decenas de ns) gracias a la utilización de láseres ultra rápidos. Con este equipo, único por el momento en Argentina, pudimos avanzar en la caracterización de películas delgadas FiM de GdFeCo y determinar el parámetro de damping efectivo, resultados que también presentamos y discutimos.

- [1] Igor Žutić, Jaroslav Fabian, and S. Das Sarma. *Rev. Mod. Phys.*, **76**, 323 - 410, (2004). Spintronics: Fundamentals and applications.
- [2] Atsufumi Hirohata, Keisuke Yamada, et al. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **509** 166711, (2020). Review on Spintronics: Principles and Device Applications.
- [3] Andrei Kirilyuk, Alexey V. Kimel, et al. *Rev. Mod. Phys.*, **82**, 2731?2784, (2010). Ultrafast optical manipulation of magnetic order.
- [4] Jorge Puebla, Junyeon Kim, et al. *Communications Materials*, **1**, 24, (2020). Spintronic devices for energy-efficient data storage and energy harvesting.
- [5] P. Hansen, C. Clausen, et al. *Journal of Applied Physics*, **66**, 756-767, (1989). Magnetic and magneto-optical properties of rare-earth transition-metal alloys containing Gd, Tb, Fe, Co.
- [6] C. D. Stanciu, A. V. Kimel, et al. *Phys. Rev. B*, **73**, 220402, (2006). Ultrafast spin dynamics across compensation points in ferromagnetic GdFeCo: The role of angular momentum compensation.
- [7] T. Kobayashi, H. Hayashi, et al. *IEEE Transactions on Magnetism*, **41**, 2848-2850, (2005). Damping parameter and wall velocity of RE-TM films.

## MC-74 Excitaciones de baja energía en el antiferromagneto $\text{Ni}_2\text{P}_2\text{S}_6$

Aligia A<sup>1</sup>, Hamad I J<sup>2</sup>, Helman C<sup>4</sup>, Manuel L<sup>2</sup>, Feiguin A<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

<sup>3</sup> Instituto de Física Rosario

<sup>4</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>5</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>6</sup> Dana Research Center, Northeastern University, Boston,

El antiferromagneto de van der Waals  $\text{Ni}_2\text{P}_2\text{S}_6$  ha despertado interés recientemente [1]. El sistema tiene una brecha de energía de cerca de 1.8 eV. Debajo de ésta, con distintos experimentos con luz, se ven dos excitaciones muy angostas de cerca de 1.5 eV [1]. La más angosta es la de baja energía y debido al ancho inusual, debajo de 0.4 eV ha sido atribuida a condensación de excitones tipo singlete de Zhang y Rice en el fondo antiferromagnético de

espines 1, mientras que la segunda se ha atribuido a la primera mas magnones [1]. Derivando un modelo de Hubbard efectivo de dos bandas, a partir de cálculos de primeros principios, obtenemos que estas excitaciones salen naturalmente de las posibles excitaciones de triplete a singlete en un sitio aislado. Además calculando el movimiento de estos singletes en el fondo antiferromagnético, generalizando la aproximación autonconsistente de Born, obtendremos dos cuasipartículas muy angostas que explican semicuantitativamente los experimentos.

[1] S. Kang et al., Coherent many-body exciton in van derWaals antiferromagnet NiPS<sub>3</sub>, Nature 583, 785 (2020).

## MC-75 Expansión térmica de bajas temperaturas de los sistemas topológicos $\beta$ -PtBi<sub>2</sub> y $\beta$ -PdBi<sub>2</sub>

Correa V F<sup>1 2</sup>, Pedrazzini P<sup>1 2</sup>, Franco D G<sup>1 2</sup>, Rosa A J<sup>3</sup>, Rubrecht B<sup>4 5</sup>, Haberkorn N<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>3</sup> Institute of Advanced Materials, Universitat Jaume I

<sup>4</sup> IFW Dresden, Leibniz Institute

<sup>5</sup> Institute for Solid State and Material Physics, TU Dresden,

$\beta$ -PtBi<sub>2</sub> es un semimetal con una de las mayores magnetorresistencias transversales reportadas a la fecha, mientras  $\beta$ -PdBi<sub>2</sub> es un superconductor con temperatura crítica  $T_C = 5$  K. Existe bastante evidencia que las propiedades electrónicas de bajas temperaturas de ambos materiales están influenciadas por ciertas características topológicas de sus respectivas estructuras de bandas. A pesar de que existen abundantes estudios sobre ambos compuestos, la casi totalidad de ellos está enfocada en las propiedades electrónicas. Por otro lado, estudios sobre las propiedades de la red atómica son inexistentes debido, en gran parte, al ínfimo acople entre los grados de libertad electrónicos y estructurales común a los materiales topológicos no magnéticos.

En este trabajo reportamos el crecimiento de monocristales de alta pureza de ambos sistemas. Ofrecemos una caracterización completa y sistemática de sus propiedades cristalográficas, composicionales, electrónicas, magnéticas y térmicas en un amplio rango de temperatura, desde temperatura ambiente hasta 1 K. En particular, reportamos por primera vez mediciones de expansión térmica que muestran un coeficiente lineal de expansión térmica  $\alpha_L$  marcadamente anisotrópico en  $\beta$ -PdBi<sub>2</sub> (estructura tetragonal). Por otro lado, el coeficiente volumétrico expansión térmica  $\alpha_V$  de  $\beta$ -PdBi<sub>2</sub> es significativamente mayor que el de  $\beta$ -PtBi<sub>2</sub> (simetría cúbica). En ambos casos,  $\alpha_V$  y el calor específico son muy similares, en sintonía con lo esperado a partir del análisis de Grüneisen. Mediciones en función de un campo magnético externo muestran que la magnetostricción en ambos sistemas es despreciable.

## MC-76 Fases exóticas emergentes en sistemas de espines frustrados debido a la interacción RKKY en la red cuadrada

Vela Wac A<sup>1 2</sup>, Gómez Albarracín F A<sup>1 2</sup>, Cabra D<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos, CONICET-UNLP

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de La Plata

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata

En este trabajo estudiamos un modelo de espines de Ising considerando la interacción de intercambio directo que compite con la interacción Ruderman - Kittel - Kasuya - Yosida (RKKY), cuyo origen es la interacción con electrones itinerantes, en la red cuadrada. La interacción RKKY es, en principio, de largo alcance, y depende del momento de Fermi de los electrones itinerantes ( $k_F$ ) y de la constante de acoplamiento de la interacción RKKY ( $J_{RKKY}$ ). Este modelo puede presentar frustración magnética.

Analizamos los valores de la constante  $J_{RKKY}$  y el momento de Fermi que inducen interesantes competencias entre las constantes de acoplamiento efectivas y estudiamos las fases de baja temperatura bajo un campo magnético externo usando simulaciones de Monte Carlo, considerando hasta séptimos vecinos en la interacción RKKY. Mostramos que la frustración magnética, generada por la competencia de interacciones, da lugar a una gran variedad de fases exóticas, donde se destacan la formación de arreglos de clusters de espines. Obtenemos los factores de estructura y creamos parámetros de orden, que describen las transiciones de fase, para cada fase. También discutimos la validez de no tener en cuenta desde octavos vecinos en adelante en la interacción RKKY, y mostramos, analíticamente, cómo cambiarían las líneas de coexistencia en los diagramas de fase si consideramos hasta los décimos vecinos más cercanos, sin notar grandes cambios cualitativos.

## MC-77 Fotorrespuesta de materiales calcogenuros a la iluminación UV

Rodríguez D<sup>1</sup>, Strusiat P<sup>2</sup>, Rocca J A<sup>2</sup>, Conde Garrido J M<sup>2</sup>, Ureña M A<sup>2</sup>, Fontana M R<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Micro y Nanotecnología - Centro Atómico Constituyentes - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería "Hilario Fernández Long". Facultad de Ingeniería. Paseo Colón 850, C1063ACV Buenos Aires, Argentina.

Investigamos la fotoconductividad UV y la respuesta transitoria de materiales calcogenuros  $\text{Te}_{80}\text{Ge}_{20}$  y  $\text{Te}_{50}\text{Se}_{50}$ . Para la fabricación del sensor, se utilizó como sustrato una oblea de Si (100) tipo p con una capa de  $\text{SiO}_2$  de 300 nm. Usando procedimientos de microfabricación convencionales, se fabricó un electrodo de oro interdigitado mediante evaporación catódica de aproximadamente 250 nm de espesor sobre el sustrato. Mediante la técnica de deposición por ablación láser (PLD), utilizando blancos en volumen de las composiciones  $\text{Te}_{80}\text{Ge}_{20}$  y  $\text{Te}_{50}\text{Se}_{50}$ . Las medidas de detección del sensor se realizaron a temperatura ambiente utilizando iluminación LED de longitud de onda de 395 nm y una potencia de la luz inferior a  $1,73 \text{ mW/cm}^2$ . Las curvas de subida y bajada de la fotocorriente se ajustan bien a una función biexponencial. En ambos casos, la fotocorriente estuvo dominada por una respuesta rápida inicial de aproximadamente 3 s. Los resultados sugieren que los materiales calcogenuros obtenidos a través del método PLD son prometedores para aplicaciones de dispositivos

optoelectrónicos.

## MC-78 Histéresis y ruptura de reciprocidad debido a fuerzas inducidas por corriente

Mehring E L<sup>1 2 3</sup>, Bustos-Marún R A<sup>1 2 3</sup>, Calvo H L<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba

<sup>2</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Químicas - Universidad Nacional de Córdoba

Se analizaron los efectos dinámicos de las fuerzas inducidas por corriente [1] en un sistema unidimensional, compuesto por un punto cuántico acoplado a un modo vibracional longitudinal. La configuración de transporte se modeló a través de una cadena unidimensional tight-binding con condiciones de borde absorbentes y se calculó la evolución de una onda plana inyectada en las proximidades del punto cuántico. En este modelo, el punto cuántico puede moverse en la dirección de la corriente y su coordenada se trata de manera clásica. El acople entre el grado de libertad electrónico y mecánico se manifiesta a través de la variación de la amplitud de salto electrónico con la posición del punto cuántico. La dinámica completa se obtuvo mediante una combinación de la fórmula de Trotter-Suzuki [2] para los electrones y el método de Runge-Kutta para la posición del punto cuántico, considerando las fuerzas inducidas por corriente y las fuerzas armónicas actuantes. Los cálculos realizados son formalmente equivalentes al método de las funciones de Green de noequilibrio (Keldysh) para Hamiltonianos dependientes del tiempo bajo la aproximación de partículas no interactuantes y en el límite de bajo voltaje [3]. Nuestros resultados se compararon con la aproximación adiabática de las funciones de Green [4], equivalente a una aproximación estacionaria de la ecuación de Schrödinger [3]. Se encontró que el punto cuántico adopta diferentes posiciones de equilibrio según la dirección de la corriente, provocando una ruptura *dinámica* de la reciprocidad en la corriente. Además, se observó que el punto cuántico puede adoptar más de una posición de equilibrio, permitiendo obtener ciclos de histéresis de la corriente en función del voltaje aplicado.

[1] N. Bode et al., Phys. Rev. Lett. 107, 036804 (2011)

[2] H. De Raedt B. De Raedt, Phys. Rev. A 28, 3575 (1983)

[3] B. Gaury et al., Phys. Rep. 534, 1 (2014)

[4] S. E. Deghi et al., J. Phys.: Condens. Matter 33 175303 (2021)

## MC-79 Influencia de Hierro (Fe) sustitucional en filossilicatos tipo 2:1

Díaz De Rosa V L<sup>1 2</sup>, Gil Rebaza A V<sup>1 3</sup>, Montes M L<sup>1 3</sup>, Taylor M A<sup>1 4</sup>, Alonso R E<sup>1 4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física La Plata, CONICET-UNLP, La Plata

<sup>2</sup> Dep. Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de La Plata

En las últimas décadas se ha manifestado gran interés por la búsqueda de tecnologías ecológicas y de bajo costo para la eliminación de contaminantes de aguas residuales. Estas tecnologías de remediación, ampliamente extendidas, se basan en el proceso de sorción de los contaminantes. Entre los materiales absorbentes se encuentran los minerales arcillosos, las esmectitas que presentan una estructura basada en el apilamiento de planos de iones óxidos e hidroxilos. Se trata de filosilicatos de tipo 2:1, como la montmorillonita (MMT), formados por dos capas tetraédricas y una octaédrica que constituyen una estructura tipo sándwich TOT[1]. Además de esto, como materiales de remediación se busca agregar magnetismo permanente a los adsorbentes, ya que esta propiedad los hace aptos para ser manipulados por campos magnéticos externos, reduciendo así los riesgos potenciales para la salud asociados con los métodos de manipulación directa [2].

El presente trabajo resume los resultados preliminares de un estudio teórico en el marco de la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT) de la influencia del Fe sustitucional en Na-MMT,  $\text{Na}_{0.41}[(\text{MgAl}_3\text{O}_8(\text{OH})_4(\text{Si}_8\text{O}_{12}))_2, n(\text{H}_2\text{O})$  [3]. Los resultados permitirán avanzar en un posterior estudio de las arcillas magnéticamente modificadas.

Para los cálculos de primeros principios se utilizó el método de pseudopotenciales y ondas planas (Código Quantum Espresso [4]). El término de correlación-intercambio se ha descrito con GGA-PBE [5]. La estructura de partida fue la fase prístina de la Na-MMT. Primeramente, en la celda unidad se reemplazó el átomo de magnesio (Mg) por Fe, luego se construyeron celdas de  $2 \times 1 \times 1$  y  $2 \times 2 \times 1$  en las cuales se incorporó 1 Fe en diferentes sitios, tanto tetraédricos (reemplazando a 1 Si) como octaédricos (reemplazando 1 Al o 1 Mg). El gradiente de campo eléctrico fue determinado en los diferentes átomos constituyentes, así como para el Fe utilizando el método GIPAW [6]. Los resultados fueron contrastados con datos experimentales obtenidos por espectroscopia Mössbauer. El d001 obtenido para las diferentes estructuras propuestas fue comparado con los valores obtenidos por XRD para Na-MMT. A partir de esto se observó que el Fe sustitucional en la celda unitaria produce una disminución del d001.

#### Referencias

- [1] F. Uddin, «Montmorillonite: An Introduction to Properties and Utilization», en *Current Topics in the Utilization of Clay in Industrial and Medical Applications*, M. Zoveidavianpoor, Ed. InTech, 2018. doi: 10.5772/intechopen.77987.
- [2] M. L. Montes et al., «Effect of synthetic beidellite structural characteristics on the properties of beidellite/Fe oxides magnetic composites as Sr and Cs adsorbent materials», *Materials Chemistry and Physics*, vol. 245, p. 122760, abr. 2020, doi: 10.1016/j.matchemphys.2020.122760.
- [3] E. Scholtzová, L. Jankovi?, y D. Tunega, «Stability of Tetrabutylphosphonium Beidellite Organoclay», *J. Phys. Chem. C*, vol. 122, n.o 15, pp. 8380-8389, abr. 2018, doi: 10.1021/acs.jpcc.8b01042.
- [4] P. Giannozzi et al., «Advanced capabilities for materials modelling with Quantum ESPRESSO», *J. Phys.: Condens. Matter*, vol. 29, n.o 46, p. 465901, nov. 2017, doi: 10.1088/1361-648X/aa8f79.
- [5] J. P. Perdew, K. Burke, y M. Ernzerhof, «Generalized Gradient Approximation Made Simple», *Phys. Rev. Lett.*, vol. 77, n.o 18, pp. 3865-3868, oct. 1996, doi: 10.1103/PhysRevLett.77.3865.
- [6] J. R. Yates, C. J. Pickard, y F. Mauri, «Calculation of NMR chemical shifts for extended systems using ultrasoft pseudopotentials», *Phys. Rev. B*, vol. 76, n.o 2, p. 024401, jul. 2007,

doi: 10.1103/PhysRevB.76.024401.

## MC-80 Influencia de la concentración de vacancias en las tensiones de transformación en Cu-Zn-Al-Ni

Nosedá Grau V<sup>1, 2</sup>, Pelegrina J L<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Grupo Física de Metales, Gerencia Física, Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Bariloche

<sup>2</sup> CONICET

Las aplicaciones tecnológicas del efecto memoria de forma de aleaciones Cu-Zn-Al se han visto restringidas por el fenómeno de estabilización de la martensita. El efecto memoria de forma, que posibilita una capacidad de actuación por deformación lineal de hasta un 10% sabe que la estabilización de la martensita disminuye con la incorporación de Ni como cuarto aleante en las aleaciones Cu-Zn-Al. Los experimentos indican que esto podría estar relacionado con una mayor energía de activación para el movimiento de vacancias y no con una menor concentración de las mismas [1]. Por este motivo se propuso investigar la influencia del Ni sobre la estabilización. Para ello se prepararon aleaciones cuaternarias con una concentración de Ni similar a la concentración máxima de vacancias que se puede obtener mediante un temple [2]. El objetivo principal es identificar y describir el efecto de la presencia de Ni sobre el proceso difusivo de las vacancias, ya que el Ni podría actuar como trampas, reteniendo vacancias, o como obstáculo, retrasando el movimiento de las mismas. Los experimentos se realizaron en condiciones lo más cercanas a las de potenciales aplicaciones tecnológicas. Por ello se realizó un tratamiento térmico previo, considerado adecuado para obtener la concentración de vacancias de equilibrio a temperaturas apenas superiores a la ambiente [3]. Este consistió en un enfriamiento natural desde 800°C hasta temperatura ambiente y un envejecimiento (EN) a esa temperatura durante un mínimo de 2 días. Se encontró que, aunque las medidas por aniquilación de positrones ya indican una concentración constante de vacancias después de ese tiempo [3], los ensayos mecánicos no tenían repetitividad. Se pudo identificar que este fenómeno se repetía incluso para EN realizados durante tiempos mayores a una semana. También se observó que la mayor diferencia se encontraba en las tensiones de transformación de la fase martensita a la fase  $\beta$  por los distintos grados de estabilización de la martensita que se están produciendo. Dado que se sabe que se tiene una concentración constante de vacancias durante el envejecimiento, una posible explicación a la falta de repetitividad podría ser que no se alcanza el mismo estado inicial de ordenamiento de la fase  $\beta$  durante el enfriamiento natural. En este trabajo se presentará un estudio sistemático de la variación de las tensiones de transformación en función del tiempo de EN y el tratamiento térmico propuesto para lograr un estado inicial repetitivo. Esto permitió abordar entonces el estudio de la evolución de la estabilización con la temperatura y la concentración de Ni.

[1] E. Zelaya et al, J. Phys. IV France 11 (2001) Pr8-147

[2] R. Romero and A. Somoza, Mat. Sci. Eng. A273-275 (1999) 572

[3] J. Van Humbeeck et al, Scripta Metall. 19 (1985) 477

## MC-81 Influencia del acople ferromagnético fuerte en bicapas $Fe_{85}Co_{15}/Py$ sobre el voltaje ISHE generado por bombeo de espín.

Pérez Martínez Á A<sup>1,2</sup>, Velázquez Rodríguez D<sup>1,2</sup>, Goijman D<sup>1</sup>, Torres T<sup>1,2</sup>, Butera A<sup>1,2</sup>, Milano J<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

La principales problemáticas de la electrónica en la actualidad son la miniaturización, la velocidad de procesamiento y el consumo energético. En este último aspecto, la espintrónica ha surgido como principal solución. Puede utilizarse para el transporte de información corrientes puras de espín, lo que conllevaría una considerable reducción de las pérdidas por efecto Joule. Para la generación y detección de corrientes puras de espín, los efectos más estudiados son el bombeo de espín (SP) y el efecto Hall de espín inverso (ISHE). Los sistemas ferromagneto/metal no magnético, (FM/NM) son los más utilizados para el estudio de estos fenómenos. Aunque en la actualidad existen numerosos trabajos en sistemas antiferro/NM, ferrimagneto/NM, FM/FM [1,2].

En este trabajo se realizará un estudio detallado de un sistema del tipo FM/FM y sus propiedades de transporte de espín mediante los fenómenos de SP e ISHE. Para ello, se fabricó una serie de bicapas de  $Fe_{85}Co_{15}/Py$  depositadas sobre sustratos de MgO [100]. La serie cuenta con cinco bicapas en donde se varió el espesor de la capa de FeCo de 5 nm a 25 nm con paso de 5 nm. El espesor de la capa de Py se mantuvo fijo en 5 nm. La capa de FeCo se depositó usando una presión de Ar 1.8 mTorr y a una potencia de 15 W, la cual equivale a una velocidad de depósito de 0.07 nm/s. La capa de Py se depositó a una presión de Ar 2.6 mTorr y potencia de 20 W, equivalente a una velocidad de depósito de 0.13 nm/s. La caracterización magnética de las muestras se realizó mediante el uso del magnetómetro de muestra vibrante (VSM) y el magnetómetro de efecto Kerr magneto-óptico (MOKE). Los lazos de histéresis medidos muestran distinto comportamiento cuando el campo es aplicado a lo largo de las direcciones [100] y [110] del MgO. A lo largo de la dirección [100] los lazos de histéresis revelan la existencia de un eje de difícil magnetización ya que se tiene una caída en el valor de remanencia. Análogamente, en la dirección [110] la remanencia permanece constante lo que evidencia la existencia de un eje de fácil magnetización. Para analizar la simetría se midieron lazos de histéresis variando el ángulo del campo aplicado en el plano de las películas (IP), encontrándose una sucesión de direcciones de fácil y difícil magnetización cada 45° lo cual evidencia la existencia de simetría cristalina cúbica. Con este método se midió el momento magnético de cada muestra y se determinó la magnetización de saturación.

Las muestras fueron estudiadas mediante la técnica de resonancia ferromagnética (FMR). Se realizó la variación angular IP en banda X, con frecuencia de 9.5 GHz, de donde se extrajeron los valores de Hr en función del ángulo IP del campo externo aplicado. Usando el formalismo de Smit y Beljers se obtuvo la expresión para la relación de dispersión considerando anisotropía de forma, anisotropía magnetocristalina uniaxial y anisotropía magnetocristalina cúbica. Se observó que Hr, presentaba mínimos en 45°, que es la dirección [100], que corresponde

a un eje de fácil magnetización, lo que coincide con los resultados obtenidos en el VSM y MOKE.

Para el estudio de la estructura cristalina se realizarán estudios de Difracción de rayos X. Para estudiar las características morfológicas de cada muestra se analizarán mediante Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM). Además, con el objetivo de determinar la composición de cada muestra de la serie se le realizará un estudio de espectroscopía por pérdida de energía de los electrones, EELS. Con el objetivo de obtener la dependencia del campo de resonancia y la frecuencia para el eje fácil y el eje difícil se realizarán medidas en el Analizador de Redes Vectoriales, VNA.

## Referencias

- [1] TSERKOVNYAK, Yaroslav; BRATAAS, Arne; BAUER, Gerrit EW. Spin pumping and magnetization dynamics in metallic multilayers. *Physical Review B*, 2002, vol. 66, no 22, p. 224403.
- [2] TANIGUCHI, Tomohiro; IMAMURA, Hiroshi. Spin pumping in ferromagnetic multilayers. *Modern Physics Letters B*, 2008, vol. 22, no 30, p. 2909-2929.

## MC-82 Influencia de la velocidad de enfriamiento en la precipitación de fases en la aleación Fe-Mn-Al-Ni pseudoelástica

Guerrero Salazar L M<sup>1</sup>, Vallejos J M<sup>2</sup>, Giordana M F<sup>1</sup>, Malarría J A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Nordeste

La aleación  $Fe - Mn - Al - Ni$  posee excelentes propiedades pseudoelásticas en un amplio rango de temperatura [1, 2]. El comportamiento pseudoelástico está relacionado con una transformación martensítica entre una fase austenita bcc ( $\alpha$ ) retenida por templado desde alta temperatura y una fase martensita fcc ( $\gamma'$ ), el carácter termoelástico está dado por la precipitación de una fase bcc ordenada ( $B_2$ ) en la matriz desordenada  $\alpha$ . Estos nanoprecipitados coherentes son ricos en  $Ni - Al$  y juegan un rol fundamental en la respuesta pseudoelástica del material [1].

El tamaño y la densidad de los precipitados alteran la pseudoelasticidad debido a que afectan la transformación martensítica [1, 3, 4, 5]. A su vez, los precipitados pueden ser alterados mediante la composición química [1, 5], la temperatura desde la cual se hace el templado para retener la austenita [1, 5], por tratamientos de envejecido [1, 4] y por la velocidad a la que se enfría la muestra durante el templado [6]. Dado que esto último solo lo reportan para temple en agua a temperatura ambiente y enfriando al aire, se hace necesario estudiar más detalladamente el efecto que tiene la velocidad de enfriamiento en el sistema Fe-Mn-Al-Ni a partir de la variación de los medios de temple.

En el presente trabajo se estudió el efecto de la velocidad de enfriamiento en las fases presentes en la aleación  $Fe - 34Mn - 15,2Al - 7,1Ni$  at. % y en el tamaño y la densidad de los precipitados  $B_2$  mediante templado desde  $1250^\circ C$  en distintos medios (agua a  $25^\circ C$ ,

agua a  $95^{\circ}\text{C}$  y aceite a  $25^{\circ}\text{C}$ ) a partir de observaciones de la microestructura en micrografías ópticas y microscopía electrónica de transmisión.

### Referencias:

- [1] Omori T; Ando K; Okano M; Tanaka Y; Ohnuma I; Kainuma R; Ishida K. Superelastic effect in polycrystalline ferrous alloys. *Science* 2011, 333, 68-71.
- [2] Omori T; Kainuma R. Martensitic transformation and superelasticity in  $Fe - Mn - Al$  based shape memory alloys. *Shape Memory and Superelasticity* 2017, 3, 322-334.
- [3] Walnsch A, Kriegel M, Motylenko M, Korpala G, Prah U, Leineweber A (2021) Thermodynamics of martensite formation in  $Fe - Mn - Al - Ni$  shape memory alloys. *Scr Mater.*
- [4] La Roca P, Baruj B, Sobrero CE, Malarría JA, Sade M (2017) Nanoprecipitation effects on phase stability of  $Fe - Mn - Al - Ni$  alloys. *J of Alloys Compd.*
- [5] Vallejos JM; Giordana MF; Sobrero CE; Malarría, JA. Phase Stability of Three  $Fe - Mn - Al - Ni$  Superelastic Alloys with Different Al:Ni Ratios, *Shape Memory and Superelasticity* 2021, 7, 362-372.
- [6] Young L; Zuo, Y; Peng H; Chen J; Fan Q; Yang Q; Yan J; Huang S; Wen Y. Precipitation behavior of coherent nano-ordered particles in  $Fe - Mn - Al - Ni$  shape memory alloys with different Ni contents. *Materials Characterization* 2022, 188, 111912.

MC-83

## Influencia del H en las propiedades mecánicas de nanocables de Pd

Crespo E A<sup>1, 2</sup>, Gonzalez J M<sup>2</sup>, Ramos S B<sup>3</sup>, Bringa E M<sup>4, 5</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Comahue

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Neuquén

<sup>3</sup> Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas - CONICET - UNCo

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza

<sup>5</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo

Los nanocables (NCs) son actualmente el foco de intensos estudios en áreas de catálisis, detección y almacenamiento de hidrógeno, entre otras. Estos materiales ordenados y de alta relación superficie/volumen presentan propiedades físicas y químicas inusuales. Los NCs metálicos, en particular los de Pd, son de interés en aplicaciones tecnológicas, para el desarrollo de componentes activos en sensores de  $\text{H}_2$  en la búsqueda de dispositivos más pequeños y de respuesta más eficiente al sensar pequeñas cantidades de H a muy bajas presiones. Los NCs pueden considerarse como estructuras ordenadas cuasi-dimensionales en forma de cables con diámetros nanométricos. Continuando estudios previos, en este trabajo nos interesa avanzar y profundizar en el estudio de las propiedades mecánicas de NCs de Pd, y la influencia en las mismas de la presencia de H absorbido. Para ello realizamos simulaciones de dinámica molecular (DM), utilizando el software LAMMPS y potenciales del tipo de átomo embebido (EAM), para realizar ensayos de tensión-deformación, a  $T = 300 \text{ K}$ , en NCs de Pd monocristalino de 2 a 7 nm de diámetro y para dos orientaciones cristalinas axiales [001] y [111].

Luego, repetimos los ensayos agregando hidrógeno a las muestras en distintas concentraciones, para analizar efectos de segregación, y su influencia en el módulo de Young y punto de fluencia. Para distintas etapas de deformación de las curvas de tensión-deformación con y sin H, se identifica la evolución de los defectos presentes, tales como dislocaciones, fallas de apilamiento y twins. Debido a la elevada energía de falla de apilamiento del Pd y la presencia de H, no se observan tantas fallas de apilamiento ni maclas, como en nanoalambres de Au, Ag y Cu deformados de manera similar. Para el rango de contenido de H estudiado ( $H/Pd=0$  a 0.6) no se observan transiciones de fase y tampoco amorfización. Los resultados indican que la presencia de defectos permitiría ampliar la capacidad de detección de H de los NCs.

## MC-84 Invariantes de la conectividad para identificar y caracterizar los canales de conducción iónica en una matriz vítrea

Alonso J M<sup>1</sup>, Cancela E<sup>2</sup>, Sanchez Varretti F<sup>3</sup>, Frechero M<sup>4</sup>

<sup>1</sup> IMASL - CONICET

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales - Universidad Nacional de San Luis

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Rafael.

<sup>4</sup> Instituto de Química del Sur-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina

Sobre las configuraciones del metasilicato de litio vítreo obtenidas de la simulación de dinámica molecular de este sistema en función de la temperatura, aplicamos el estudio de su espacio métrico  $(M,d)$ , que se define como el espacio de sus átomos y sus distancias a partir de sus coordenadas del que podemos definir el grafo  $CS(M)$ , que es un invariante por isometría. Esto significa que: si  $M$  y  $M'$  son iguales (isométricos), entonces  $CS(M)$  es igual a  $CS(M')$  (isomorfo como grafos). Como  $CS$  es un invariante, también lo sería su masa, la que definimos como: masa de  $M$  ( $m(M)$ ) = suma de las longitudes de todos los lados de  $CS$ , donde longitud =  $d(x,y)$ ,  $x$  e  $y$  son los vértices del lado siendo  $m(M)$  un número real. Podemos entender qué es un invariante dado que: si  $M$  y  $M'$  son iguales, entonces  $m(M) = m(M')$ , lo que es equivalente a decir que si  $m(M)$  es distinto de  $m(M')$  entonces,  $M$  y  $M'$  son diferentes como espacios métricos. Para poner un ejemplo sencillo, si los puntos de  $M$  fueran ciudades, el  $CS$  nos daría una forma de comunicarlas a todas mediante caminos, que serían los lados del grafo. La masa de  $CS$  nos daría la cantidad de caminos necesarios. En nuestro caso de estudio, las matrices vítreas, son los enlaces necesarios para mantener tal esqueleto. Este análisis sobre las configuraciones del metasilicato de litio en un rango de temperatura que abarca desde el estado sólido al líquido, es decir pasando por la región de la transición vítrea ( $T_g$ ), encontramos espacios métricos no triviales, los espacios varían notablemente, las dimensiones finitas varían mostrando que los espacios también son muy diferentes. Y a pesar de la gran variación de los espacios  $CS(M)$ , sus masas son esencialmente constantes. Al comparar a las distintas temperaturas estudiadas observamos que sus masas varían ligeramente salvo al acercarse a la  $T_g$  donde se observa un "blip". Del análisis de 101 configuraciones a cada temperatura hemos confirmado previamente que el diámetro y la dimensión finita (1) también son invariantes pero que varían drásticamente con el paso

del tiempo (ie. entre configuraciones). Esto nos demuestra que son 101 espacios métricos distintos. Por lo tanto, no hay razón matemática por la cual estos invariantes matemáticos, diámetro y dimensión finita deberían ser invariantes de la matriz vítrea simulada, y efectivamente no lo son. Sin embargo, la masa muestra serlo. Y esto es un hecho sorprendente dado que la dinámica de los átomos no es para nada insignificante y, por lo tanto, es extraordinario encontrar un parámetro que permanezca constante. Sin embargo, al analizar únicamente los iones litio se observa una  $m(\text{CS-Li})$  que es aproximadamente igual al 80

1- Juan M. Alonso, Fabricio Orlando Sanchez-Varretti, and Marisa Alejandra Frechero. Finite dimension unravels the structural features at the glass transition *Eur. Phys. J. E* (2021) 44:88. doi.org/10.1140/epje/s10189-021-00098-7

## MC-85 Junturas Josephson de superconductores topológicos bidimensionales

Rodríguez Ruiz G F<sup>1</sup>, Aligia A A<sup>2</sup>, Schmalian J<sup>3</sup>, Rampp M<sup>3</sup>, Arrachea L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Escuela de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de San Martín*

<sup>2</sup> *Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>3</sup> *Karlsruhe Institute for Technology, Alemania*

La característica principal de las fases topológicas es la existencia de estados de borde sin gap, mientras que el espectro del sistema tiene gap en el volumen.[1] En el caso de los superconductores topológicos, éstos son estados descritos por fermiones de Majorana, localizados espacialmente en superficies, canales unidimensionales o prácticamente puntuales, dependiendo de la dimensionalidad del sistema.[2] La fase de superconductor topológico se manifiesta principalmente en la corriente Josephson, la cual consiste en la aparición de una corriente eléctrica por efecto túnel entre dos superconductores separados. En este trabajo, determinamos la relación corriente-fase de junturas Josephson conteniendo superconductores topológicos bidimensionales invariantes ante inversión temporal. Además, presentamos una descripción de los estados de borde topológicos en términos de un modelo efectivo, el cual puede ser resuelto analíticamente para explicar la contribución de estos estados a la corriente Josephson.

[1] B. Bernevig, *Topological Insulators and Topological Superconductors*, Princeton University Press, 2013.

[2] A. A. Aligia, D. P. Daroca, and L. Arrachea, Tomography of zero-energy end modes in topological superconducting wires, *Physical Review Letters* 125, 256801 (2020).

## MC-86 Maguemitita dopada con Al sintetizada por autocombustión probada como catalizador para la decoloración de colorantes y para la descomposición del nitrato de amonio

Cabrera A F<sup>1</sup>, Rodríguez Torres C<sup>1</sup>, Stewart S<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *IFLP-CCT- La Plata-CONICET and Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, C. C. 67, Universidad Nacional de La Plata, 1900 La Plata, Argentina*

La búsqueda de posibles aplicaciones de materiales basados en óxido de hierro (III) (magnetita,  $\gamma - Fe_2O_3$ ) continúa intensamente, siendo alentada por poseer propiedades únicas como biocompatibilidad, abundancia de elementos constituyentes, bajo costo, no toxicidad, material amigable con el medio ambiente, banda prohibida estrecha y buena respuesta magnética para promover la recuperación y procesos de reciclaje. Como nanosistemas, la gran relación superficie-volumen los hace particularmente adecuados como catalizadores de ciertas reacciones. En ese sentido, una forma de mejorar el rendimiento de las nanopartículas de  $\gamma - Fe_2O_3$  como catalizadores o fotocatalizadores consiste en doparlas con otros iones metálicos a fin de producir ligeras modificaciones en sus características semiconductoras. Teniendo en cuenta que la presencia de pequeñas cantidades de iones de aluminio ayuda a estabilizar la formación natural de  $\gamma - Fe_2O_3$ , en este trabajo empleamos el método de autocombustión para sintetizar magnetita nanoestructurada dopada con Al ( $Al_xFe_{2-x}O_3$ , (con  $x= 0.33, 0.67$  y  $1.00$ )). Las muestras se caracterizaron mediante difracción de rayos X, análisis térmico, espectroscopia Mössbauer, magnetometría, espectroscopia UV-vis. Las muestras sintetizadas se probaron como catalizadores para la decoloración del azul de metileno y como oxidante para la descomposición térmica del nitrato de amonio. El desempeño fotocatalítico de  $Al_xFe_{2-x}O_3$  mostró una buena eficiencia para el óxido cuya energía de banda prohibida coincide mejor con la energía de la luz incidente, mientras que el efecto catalítico de estas muestras sobre la descomposición del nitrato de amonio es más notorio para muestras con concentraciones intermedias de Al ( $x=0.33$  y  $0.66$ ) para las cuales la reacción de descomposición se hace más abrupta y exotérmica.

MC-87

## Mecanismos de conducción en memristores basados en CuO

Gliosca S<sup>1</sup>, Marchetti G<sup>1</sup>, Kleiman A<sup>1 2</sup>, Márquez A<sup>1 2</sup>, Acha C<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Instituto de Física del Plasma. UBA-CONICET*

<sup>3</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires. UBA-CONICET*

La resistencia eléctrica de algunas interfaces óxido-metal puede modificarse en forma no-volátil, controlada y reversible mediante la aplicación de pulsos eléctricos de amplitud, signo y duración convenientes. Estas juntas puedan dar lugar a dispositivos, llamados memristores, que, según la magnitud, diversidad y durabilidad de los cambios resistivos experimentados, podrán emplearse tanto para la obtención de memorias electrónicas permanentes, como para emular propiedades neuromórficas, es decir, reproducir los comportamientos eléctricos de sinapsis o hasta de neuronas, pudiéndose así contar con las piezas básicas para conformar sistemas nerviosos de estado sólido [1].

El origen microscópico del efecto memristivo puede ser diverso, dependiendo del óxido involucrado y de la interfaz metal-óxido existente. Hace algunos años que nuestro grupo se

centra en estudiar memristores cuyo cambio de resistencia está basado en la electromigración del oxígeno, lo que produce cambios en el dopaje local del óxido y modifica el proceso de conducción eléctrica. A pesar de este origen común del cambio resistivo, el mecanismo de conducción dominante puede resultar variado y depender fuertemente de las propiedades electrónicas de la interfaz metal-óxido o bien de las propiedades del volumen del propio óxido. Determinar este origen resulta fundamental a la hora de diseñar y optimizar las propiedades de un dispositivo para su uso en memorias o en circuitos neuromórficos.

En este trabajo presentamos la síntesis y caracterización de memristores basados en CuO. Se conformaron dispositivos con estructura de condensador metal/óxido/metal. Se depositó CuOx (400 nm) sobre acero al carbono (SAE 1010) mediante la técnica de arco catódico, empleando un cátodo de Cu en atmósfera de O<sub>2</sub> a una presión de trabajo del orden de 10 Pa. Los sustratos de acero fueron mantenidos a 350 °C. Los electrodos superiores se realizaron depositando Pt (45 nm) mediante la técnica de sputtering y se definió su morfología empleando máscaras de litografía. Se realizaron caracterizaciones morfológicas y estructurales, así como eléctricas. Particularmente, se estudiaron los ciclos de histéresis resistiva, las características corriente-tensión y la dependencia en frecuencia de su impedancia, a distintas temperaturas, en el rango de 80 K a 300 K, con el fin de poner en evidencia los efectos producidos por la conmutación resistiva sobre los parámetros microscópicos relevantes [2]. Aquí mostramos que el mecanismo dominante es del tipo SCLC con presencia de desorden, y que la existencia de un diodo Schottky en cada interfaz metal-óxido, se ve minimizada por la existencia de desorden composicional, lo que favorece la existencia de canales de fuga, asociados a zonas conductoras con características óhmicas.

## Referencias

- [1] Para más información, ver [http://www.scholarpedia.org/article/Resistive\\_switching](http://www.scholarpedia.org/article/Resistive_switching).  
 [2] Ver en C. Acha et al, APL 109 (2016) 011603 y JAP 121 (2017) 134502, ejemplos de los mecanismos principales existentes y los parámetros microscópicos asociados.

## MC-88 Mediciones de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica en Películas Delgadas de YSZ para Aplicaciones en SOFC

Sievers B<sup>1 2</sup>, Granja L<sup>1 2</sup>, Zelcer A<sup>3</sup>, Fuentes R<sup>1 2</sup>, Sacanell J<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada, CAC, CNEA-CONICET

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología CAC, CNEA-CONICET

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones en Bionanociencias (CIBION))

Con el objeto de potenciar las propiedades de las celdas de combustible de óxido sólido (SOFC por sus siglas en inglés), desarrollamos películas delgadas densas y mesoporosas de ZrO<sub>2</sub>-8Las películas fueron sintetizadas por sol-gel y se depositaron mediante dip coating sobre sustratos de Si y sílica fundida. En el caso de los films mesoporosos, se utilizó Pluronic F127 como agente moldeante para el autoensamblado inducido por evaporación [1]. Las mismas fueron sometidas a distintos tratamientos térmicos para estudiar la evolución estructural que sufrirían en operación. Mediante difracción y reflectometría de rayos X se determinó la

estructura cristalina, la morfología, la porosidad accesible y el espesor.

Las propiedades electroquímicas de las películas se estudian en una estación de prueba diseñada en el laboratorio para realizar la caracterización eléctrica [2] de películas delgadas y dispositivos desde temperatura ambiente hasta 700 °C.

Construimos microelectrodos de platino sobre las muestras para hacer mediciones del transporte iónico paralelo a la superficie del film, la Figura 1 esquematiza la celda. Buscamos enfocarnos en la energía de activación de las muestras. En este trabajo analizamos los resultados estructurales y morfológicos obtenidos para las películas de YSZ en función de los tratamientos térmicos realizados, presentamos el diseño de la estación de prueba y los resultados de las mediciones de transporte realizadas.

[1] D. J. Brinker, Y. Lu, A. Sellinger, Evaporation-induced Self-Assembly: NanoStructures Made Easy. *Adv.Mater* 11 (1999) 579

[2] J. Will, A. Miiterdorfer, C. Kleinogel, *Solid State Ion* 79 (2000) 131.

## MC-89 Microesferas huecas constituidas por nanogranos de $\text{Cr}_{1.8}\text{Ti}_{0.2}\text{O}_{3+z}$ sintetizadas por spray pirólisis para la detección de acetona

Carol-Coronel F<sup>1</sup>, Tobia D<sup>2</sup>, Lima Jr E<sup>2</sup>, Sánchez R D<sup>2,3</sup>, Saleta M<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Nacional de Santiago del Estero*

<sup>2</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CONICET-CNEA), Centro Atómico Bariloche*

<sup>3</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica*

Existen diferentes gases, hidrocarburos y compuestos orgánicos volátiles (VOCs) que son nocivos para los seres humanos, los animales y el medio ambiente. Por ello, el estudio de materiales para la detección de gases y/o VOCs es un tema de gran interés en la comunidad científica. Tiene muchas perspectivas tanto desde el punto de vista académico como tecnológico, abarcando diversas áreas como la ciencia y tecnología de los alimentos, la seguridad industrial, la detección de enfermedades y el control del impacto antropogénico en el medio ambiente, por mencionar algunos ejemplos. El desarrollo y diseño de este tipo de materiales es un área en la ciencia y tecnología de los materiales en constante crecimiento en la cual se ha puesto y se está poniendo un gran esfuerzo de investigación.

El sistema  $(\text{Cr,Ti})_2\text{O}_{3+z}$ , con estructura corundum, ha sido estudiado por su aplicación tecnológica como detector de gases o compuestos volátiles. En este trabajo estudiamos partículas de  $\text{Cr}_{1.8}\text{Ti}_{0.2}\text{O}_{3+z}$  (CTO) crecidas mediante la técnica de spray pirólisis. La muestra consiste en microesferas huecas con un diámetro medio de 14,5  $\mu\text{m}$ , cuyas paredes están constituidas por nanogranos. Los estudios de susceptibilidad magnética y de espectroscopia de resonancia de espín de electrones (ESR) mostraron una transición antiferromagnética a ( $T_N = 306 \pm 1$ ) K. Los experimentos de detección de acetona se realizaron en una pastilla porosa de CTO. El CTO fabricado por spray pirólisis detectó muy bien los vapores de acetona con una respuesta lineal con la concentración de ésta. Esto demuestra que las partículas de CTO producidas por la técnica de pirólisis de aerosoles presentan una alta potencialidad como detectores de compuestos orgánicos volátiles. Esta ruta de síntesis es económica y

permite producir una gran cantidad de material en poco tiempo, por lo que este método es adecuado para la producción a gran escala.

## MC-90 Modelado químico-cuántico de la activación y disociación de CO<sub>2</sub> en catalizadores inversos de óxido de tungsteno soportados en cobre

Hurtado-Aular O<sup>1</sup>, Castellani N J<sup>1</sup>, Ferullo R M<sup>2</sup>, Belelli P G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física del Sur - Universidad Nacional del Sur

<sup>2</sup> Instituto de Química del Sur - Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un gas de efecto invernadero que es emitido diariamente a la atmósfera mediante la combustión de hidrocarburos. Tanto la comunidad científica como la industrial se han concentrado en buscar formas de reutilizar el CO<sub>2</sub> en la formación de compuestos químicos de valor agregado. Básicamente, se requiere la activación de la molécula mediante el alargamiento de sus enlaces C-O y la pérdida de su linealidad. No obstante, este proceso es muy complicado de realizar debido a que el CO<sub>2</sub> es una molécula muy estable y casi inerte químicamente. Los catalizadores inversos, formados por partículas de óxidos metálicos soportadas sobre un metal de transición, se han revelado como materiales muy activos en la activación y disociación de CO<sub>2</sub>. En este trabajo, estudiamos la activación y disociación de CO<sub>2</sub> sobre los catalizadores inversos de óxido de tungsteno soportados sobre la superficie Cu(111), W<sub>3</sub>O<sub>x</sub>/Cu(111) con  $x = 9$  o  $6$ , utilizando cálculos periódicos basados en la teoría del funcional de la densidad implementada en el programa Vienna Ab initio Simulation Package (VASP), mediante el funcional PBE e incluyendo correcciones de dispersión. Los catalizadores se modelaron colocando los agregados de W<sub>3</sub>O<sub>6</sub> y W<sub>3</sub>O<sub>9</sub> sobre la superficie metálica, los cuales se adsorben con una energía de  $-4.17$  eV y  $-1.59$  eV, respectivamente. La molécula de CO<sub>2</sub> no se activa en el sistema W<sub>3</sub>O<sub>9</sub>/Cu(111), pero sí lo hace en la interfaz óxido/metal del sistema W<sub>3</sub>O<sub>6</sub>/Cu(111), con una energía de  $-0.24$  eV y adquiriendo una carga negativa de  $-0.83e$ . La activación involucra un estiramiento de los dos enlaces C-O desde  $118$  pm hasta  $130$  y  $126$  pm. El ángulo del enlace O-C-O se reduce desde  $180.0^\circ$  hasta  $123.5^\circ$ . La molécula de CO<sub>2</sub> se disocia en la interfaz W<sub>3</sub>O<sub>6</sub>/Cu(111) superando una barrera de activación de  $0.63$  eV y con una energía de reacción exotérmica de  $-0.72$  eV. En el estado de transición, la distancia del enlace C-O que se disocia aumenta desde  $130$  hasta  $173$  pm. En comparación, la disociación de CO<sub>2</sub> en una superficie limpia de Cu(111) es menos favorable, mostrando una energía de reacción de  $0.35$  eV y una barrera de activación de  $1.16$  eV. Nuestros resultados sugieren que el sistema W<sub>3</sub>O<sub>6</sub>/Cu(111) es un catalizador prometedor para la activación y disociación de CO<sub>2</sub>.

## MC-91 Modelo de enlace fuerte con espinos relativistas

Arreyes F<sup>1</sup>, Nagel O A<sup>1</sup>, Ardenghi J S<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física del Sur - Universidad Nacional del Sur

La idea general del modelo de Enlace Fuerte es considerar que los electrones están fuertemente vinculados a los átomos a los que pertenecen y pueden moverse a través del cristal debido al solapamiento de las funciones de onda. En general las funciones de onda utilizadas para expandir la función de Bloch son las del átomo de Hidrógeno que satisfacen la ecuación de Schrodinger. En nuestro trabajo estudiamos los efectos relativistas en la integral de solapamiento en grafeno, que por técnicas ab-initio dan un valor de  $t = 2,7eV$ . Utilizando las soluciones del átomo de hidrógeno obtenidas de la ecuación de Dirac, se aplica el modelo de Enlace Fuerte y se determina como la integral de solapamiento cambia debido a los efectos relativistas.

## MC-92 Nanocompuestos híbridos grafeno/titania: estudio de la interfaz empleando DFT+U+vdW

Schinca Vanini S<sup>1,2</sup>, Cabeza G F<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física - Universidad Nacional del Sur

<sup>2</sup> Instituto de Física del Sur - CONICET-UN del Sur

En una celda de combustible de hidrógeno/oxígeno, todas las reacciones químicas tienen lugar en los electrodos y para acelerar la reacción química, se los recubre con un catalizador. Entre las diferentes tecnologías propuestas como electrodos, la atención se ha focalizado en el desarrollo y uso de materiales utilizados en el campo de la electroquímica como el grafito y distintos tipos de carbones. El grafeno (G), debido a su excelente conductividad eléctrica y sus propiedades ópticas, podría utilizarse como sustrato soportando nanopartículas de TiO<sub>2</sub> como catalizadores dada su estabilidad química, bajo costo y su conocida actividad fotocatalítica [1-3]. Algunos mecanismos se han propuesto para explicar el hecho de que los compuestos muestran un mejor rendimiento que el que tiene cada componente por separado y es la suma de efectos individuales. Este fenómeno se ha atribuido a los efectos sinérgicos causados por la interacción interfacial de TiO<sub>2</sub> y el G [4,5]. La reacción catódica de electrorreducción de oxígeno es determinante en el proceso global, ya que es mucho más lenta que la electrooxidación del hidrogeno. De ahí la necesidad de desarrollar nuevos materiales nanocatalizadores para obtener la mayor eficiencia energética posible. En este trabajo presentamos los resultados obtenidos de depositar nanopartículas (NP) de (TiO<sub>2</sub>)<sub>N</sub> con N = 1-5 (fórmula unidad) sobre un sustrato de grafeno mediante cálculos ab initio DFT + U [6]. También consideramos la corrección de Van der Waals para representar las interacciones de largo alcance de los átomos de carbono. Previa a la adsorción, las diferentes nanoestructuras de titania fueron optimizadas empleando dinámica molecular a 300K. Las energías de adsorción van disminuyendo a medida que crece la cantidad de fórmulas unidad desde -3.12 eV/f.u a -0.77 eV/f.u.

Observamos una reducción del band gap, respecto de las nanopartículas aisladas, debido a la aparición de estados intermedios. El análisis de las cargas de Bader muestra que la transferencia se ve favorecida cuando los átomos de carbono interactúan directamente con los oxígenos de las nanopartículas. Las propiedades ópticas de las NP se ven levemente modificadas por la presencia del sustrato ya que aparecen picos de absorción en el visible no observados en las curvas de adsorción de las nanopartículas aisladas.

REFERENCIAS

- [1] Zhang, H., Lv, X., Li, Y., Wang, Y., Li, J. ACS nano, 4(1) (2010), 380-386.  
 [2] Akhavan, O., Ghaderi, E. J. Phys. Chem. C, 113(47) (2009), 20214-20220.  
 [3] Ng, Y. H., et. al. J. Phys. Chem. Lett, 1(15) (2010), 2222-2227.  
 [4] H Kim, S Kim, JK Kang, W Choi. J. of Catalysis 309 (2014) 49-57.  
 [5] Y. Hau Ng, Ian V. Lightcap, K. Goodwin, et al, J. Phys. Chem. Lett. 1 (2010) 2222-2227.  
 [6] Dudarev, et. al. Phys. Rev. B, 57(3) (1998), 1505.

## MC-93 Nanoestructura de sulfuro de litio combinada con óxido de zirconio como cátodo alternativo en baterías de litio azufre

Aramburu V M<sup>1</sup>, López M B<sup>1</sup>, Villagrán López Y C<sup>1</sup>, Lobo Maza F E<sup>1</sup>, Jais C E<sup>1</sup>, Zoloff Michoff M<sup>2</sup>, Carrion S<sup>1</sup>, Vega M<sup>1</sup>, Costello V<sup>1</sup>, Fadel C<sup>1</sup>, Lobo N<sup>1</sup>, Morel L<sup>1</sup>, Navarro Di Mari L d C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca

<sup>2</sup> Dpto. de Fisicoquímica, Facultad de Ciencias Químicas Universidad Nacional de Córdoba

.Se estudia el diseño de nuevos materiales que puedan ser empleados como una estructura alternativa en el cátodo en baterías de litio azufre. Para ello se analiza estructuras de polisulfuros combinados con óxidos de metales de transición asumiendo que este tipo de especies mejoraría la cinética de oxidación del material. Se utilizan técnicas de modelado computacional basados en la Teoría del Funcional de la Densidad para para analizar la adsorción de sulfuro de litio en óxido de zirconio. Además, se emplea el funcional PBE1PBE y los pseudopotenciales LANL2DZ para átomos metálicos y las bases 6-31G+ para los átomos de azufre y oxígeno. Para analizar los efectos de la adsorción, primero se optimiza el dióxido de zirconio y luego se adsorbe la molécula de sulfuro de litio. Se estudian las propiedades catalíticas del sistema en vacío y en solvente. Para considerar la incidencia del solvente se utiliza el Modelo Continuo Polarizable (PCM) y como solvente se utiliza un compuesto orgánico polar aprótico denominado N,N-Dimetilformamida (DMF). Los resultados muestran una fuerte afinidad química entre el dióxido de zirconio y la molécula de sulfuro de litio probablemente debido a sus propiedades polares mientras que la presencia del solvente estabiliza las cargas del atenuando la adsorción del sulfuro en el óxido de zirconio.

## MC-94 Nanopartículas de SiO<sub>2</sub> como aditivo de electrolitos para suprimir la formación de dendritas en ánodos de litio metálico

Zampieri M<sup>1</sup>, Suárez Ramanzin M B<sup>2</sup>, Maldonado Ochoa S A<sup>1 3</sup>, Otero M<sup>1 3</sup>, Luque G L<sup>4 5</sup>, Vaca Chávez F<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC

<sup>2</sup> IITEMA-CONICET, Departamento de Química, Universidad Nacional de Río Cuarto-CONICET

<sup>3</sup> Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba

<sup>4</sup> Instituto de Investigaciones Físico-Químicas de Córdoba, CONICET-UNC

<sup>5</sup> Facultad de Ciencias Químicas - Universidad Nacional de Córdoba

Actualmente, las baterías de litio presentan una solución prometedora para el almacenamiento de energía en diversas aplicaciones, desde dispositivos electrónicos hasta vehículos eléctricos y almacenamiento de energía en redes eléctricas. La batería de litio-azufre (Li-S) se investiga intensivamente debido a su mayor capacidad específica y densidad de energía teórica, en comparación con la batería de ion-litio. Para el ánodo de la batería de litio-azufre se considera el litio metálico debido a sus excelentes características, como baja densidad gravimétrica ( $0,59 \text{ g cm}^{-3}$ ), alta capacidad específica teórica ( $3860 \text{ mAh g}^{-1}$ ) y potencial negativo de reducción ( $-3,040 \text{ V vs. SHE}$ , electrodo de hidrógeno estándar). Por lo tanto, el metal de litio juega un papel indispensable para la próxima generación de sistemas de almacenamiento de energía de alto rendimiento. El mecanismo de trabajo para el ánodo de litio es la deposición/disolución de  $\text{Li}^+$  en el ánodo en lugar de la intercalación/desintercalación en el ánodo de grafito durante el proceso de carga/descarga. Las deposición y disolución inhomogéneas y continuas de  $\text{Li}^+$ , durante los ciclos de carga y descarga, inducen un crecimiento incontrolable de dendritas de litio que rompe la película de interfaz sólido-electrolito (SEI) y conduce a la generación de "litio muerto" con baja eficiencia coulombica (CE), pero también induce riesgos de seguridad ya que las dendritas pueden atravesar el separador polímero, hacer contacto entre los electrodos y de esta forma, generar micro cortocircuitos incluyendo incendios y explosiones. El objetivo de este trabajo es evitar la formación de dendritas de litio mediante aditivos en el electrolito. El electrolito se basó en LiTFSI 0.5 M y  $\text{LiNO}_3$  0.25 M en 1,2-dimetoxietano(DME)/1,3-dioxolano(DOL) 1:1 con aditivos. Se estudió el comportamiento electroquímico mediante celdas de Li/Cu y Li/Li al realizarles ciclos de carga y descarga a diferentes densidades de corrientes. También se caracterizó el litio antes y después del ciclado mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), espectros de resonancia magnética nuclear (RMN) y espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS).

## MC-95 Non-Fermi Liquids: Criticalidad cuántica, efectos térmicos y Superconductividad

Solís M<sup>1, 2</sup>, Aguilera-Damia J<sup>3</sup>, Torroba G<sup>2, 1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Physique Théorique et Mathématique and International Solvay Institutes Université Libre de Bruxelles

La mayoría de los materiales metálicos estudiados pueden ser descritos por la Teoría de Landau de los Líquidos de Fermi (o Fermi Liquids, en inglés). Actualmente, uno de los problemas más importantes de la Materia Condensada es, por ejemplo, los fenómenos intrigantes que emergen de los sistemas de electrones fuertemente correlacionados como la superconductividad de altas temperaturas. Estos materiales no son descritos por la teoría de los Líquidos de Fermi, a todos estos materiales, que van más allá del paradigma de Landau, son conocidos como: Non-Fermi Liquids (NFLs) [1]. Desde el lado experimental, la evidencia demuestra que todos estos materiales tienen una característica en común; la existencia de un punto crítico cuántico (o QCP, por sus siglas en inglés) [2].

Un modelo de NFLs en dos dimensiones espaciales consiste en fermiones a densidad finita que interactúan con bosones críticos. En trabajos anteriores, a temperatura cero, la super-

conductividad es mejorada por los bosones y no es posible la existencia de un punto crítico cuántico desnudo [3]. A temperatura finita, la dinámica es más interesante, la teoría de perturbaciones de la teoría de campos deja de tener validez, eso surge por la presencia de divergencias infrarrojas relacionada al intercambio de los modos estáticos de los bosones que afecta tanto a los correladores fermiónicos y bosónicos.

En los trabajos [4,5], extendimos los resultados a temperatura cero [6] e incluimos los efectos térmicos para un sistema bidimensional. La inclusión de bosones estáticos a temperatura finita, cambia el diagrama de fases esperado por los resultados a temperatura cero, eso se debe a que los bosones estáticos, intuitivamente, emergen en una teoría efectiva de una dimensión menor y no preservan la escala dinámica de la teoría sin temperatura. Mostramos como curar esas divergencias infrarrojas mediante la auto-interacción de los bosones y la resumación de cierta clase infinita de diagramas para la auto-energía de los fermiones. Extendimos los resultados de trabajos anteriores [7] que usaba la expansión en  $\epsilon$  (para  $d = 3 - \epsilon$  dimensiones espaciales) y  $\text{large-}N$ , encontraremos un nuevo régimen, 'thermal non-Fermi Liquid', que rompe la escala dinámica dictada por el punto crítico cuántico a temperatura cero y domina sobre este, en cierta región del diagrama de fases. Así mismo, el intercambio de los bosones estáticos hace decrecer la inestabilidad superconductor y se puede encontrar un punto crítico cuántico desnudo.

[1] A Schofield. Contemporary Physics, 40(2), 95-115 (1999).

[2] D Broun. Nature Phys 4, 170 - 172 (2008).

[3] S Raghu, G Torroba, H Wang. Phys. Rev. B 92 (2015) 205104.

[4] J Aguilera-Damia, M Solís, G Torroba. Phys. Rev. B 102 (2020) 045147.

[5] J Aguilera-Damia, M Solís, G Torroba. Phys. Rev. B 103 (2021) 155161 .

[6] J Aguilera-Damia, et al. Phys. Rev. Lett. 123 (2019) 096402 .

[7] G Torroba, H Wang. Phys. Rev. B 90.16 (2014).

MC-96

## Nube de Kondo y entrelazamiento en impurezas magnéticas multiorbitales

Orlandini A<sup>1,2</sup>, Gazza C<sup>1,2</sup>, Manuel L<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

A pocos años de la pérdida de sus "padres", el efecto Kondo-Sarachik, introducido originalmente en la década de 1960, continúa representando un paradigma de los sistemas electrónicos fuertemente correlacionados en la actualidad y ocurre cuando un momento magnético es apantallado por electrones de conducción. Este fenómeno se observa en un gran número de sistemas físicos como impurezas magnéticas en metales, átomos y moléculas magnéticas en superficies, puntos cuánticos, etc. Mediante el grupo de renormalización de la matriz de densidad (DMRG), se llevó a cabo un estudio exhaustivo de las propiedades espaciales y de entrelazamiento de un modelo de impureza con  $S=1$ , compuesto por dos orbitales acoplados a dos canales de conducción (2CAM), el cual incluye una anisotropía  $D$  de un solo

ion. Este modelo exhibe una transición de fase cuántica topológica (QTPT) en un valor de anisotropía finito  $D_c$ , entre dos líquidos de Fermi (Landau para  $D < D_c$  y non-Landau para  $D > D_c$ ) topológicamente diferentes. Encontramos que los fenómenos de apantallamiento y entrelazamiento están íntimamente relacionados, permitiéndose en ambos casos visualizar y verificar la existencia de la nube de Kondo. Además, pudimos caracterizar la estructura no trivial de entrelazamiento para la fase non-Landau.

## MC-97 Piezas augéticas mediante impresión 3D

Tognana S<sup>1 2 3</sup>, Salgueiro W<sup>1 2 3</sup>, Montecinos S<sup>1 4 3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de Materiales de Tandil - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Calle 526 entre 10 y 11, 1900 La Plata, Argentina*

<sup>3</sup> *Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Pcia. de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA - CONICET, Tandil, Argentina*

<sup>4</sup> *CONICET*

Los materiales augéticos son aquellos que tienen un módulo de Poisson negativo, es decir ante un esfuerzo de compresión la muestra se angosta lateralmente en lugar del normal ensanchamiento. En los últimos años se han comenzado a fabricar piezas con comportamiento augético a través de la impresión 3D. La ventaja de la impresión 3D es que permite diseñar piezas con un relleno interno determinado. En este trabajo se presentan primeros resultados obtenidos en el estudio de piezas fabricadas mediante impresión 3D con un relleno interno augético. Se desarrolló un modelo digital con un patrón augético de piezas tipo barras o discos. El mismo diseño se materializó en una impresora 3D por deposición de filamento fundido y posteriormente se determinaron las frecuencias de vibración libre en determinados modos. En particular en la vibración de discos se determinaron los primeros modos mediante la técnica de excitación por impulso (IET). De esta manera, usando los cocientes entre las frecuencias y con métodos reportados en la literatura, se determinó el módulo de Poisson y el módulo de Young. Estos valores se contrastan con los valores en piezas completamente llenas. Se analiza el módulo de Poisson de distintos patrones augéticos. La particularidad de este trabajo es que se trabaja con piezas con un relleno interno augético, es decir que se podría decir que están compuestas por un relleno y las paredes, de manera que se analiza la influencia de cada parte sobre el módulo de Poisson total.

## MC-98 Propiedades de transporte en el estado normal de $\beta$ -FeSe

Amigó M L<sup>1</sup>, Nieva G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Bajas Temperaturas del Centro Atómico Bariloche (CNEA)*

Se presenta un estudio de las propiedades de transporte del superconductor  $\beta$ -FeSe para temperaturas de hasta 400K. Por encima de la transición estructural, que ocurre en  $T_s=90$  K, la resistividad en el plano  $ab$  exhibe un máximo en  $T^*=297(3)$ K, mientras que el coeficiente

Hall presenta un cambio de signo arriba de 200K. Se introduce un modelo fenomenológico basado en mediciones de ARPES de la literatura que permite describir todos los datos experimentales y asociar el comportamiento de la resistividad y del coeficiente Hall con la evolución anómala de la estructura electrónica con la temperatura.

## MC-99 Propiedades electrónicas y estructurales del semiconductor GaAs dopado con Al o In con aplicaciones en celdas fotovoltaicas

Arellano-Ramírez I<sup>1,2</sup>, Gil Rebaza A V<sup>3</sup>, Amaya-Roncancio S<sup>4</sup>, Restrepo-Parra E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Pereira

<sup>3</sup> Instituto de Física, Facultad de Cs. Exactas, Universidad Nacional de La Plata

<sup>4</sup> Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL

El arseniuro de galio (GaAs) ha jugado un rol importante en el desarrollo de nuevas tecnologías de semiconductores. Una de éstas es la generación de energía eléctrica por medio del efecto fotovoltaico, debido a las propiedades únicas que incluyen una banda prohibida directa, la cual puede ser ajustable con el tipo de átomo dopante y concentración de dopaje del GaAs. En este trabajo se estudian las propiedades estructurales y estructura electrónica del GaAs dopado con Al,  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ , y con In,  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ , en diferentes concentraciones:  $x = 0; 0.25; 0.50; 0.75$  y  $1.00$ . Para esto se realizarán cálculos ab-initio basado en la Teoría de la Funcional Densidad, donde las ecuaciones autoconsistentes de Kohn-Sham serán resueltas por medio del método de ondas planas y pseudopotenciales, implementado en el código Quantum Espresso. La parte de intercambio-correlación será descrito por la parametrización de Perdew-Burke-Ernzerhof de la aproximación del gradiente generalizado (PBE-GGA). Con la finalidad de obtener diferentes valores de  $x$ , se usará el método de supercelda. Además, con el objetivo de obtener una buena descripción del ancho de banda prohibida (band-gap) de estos semiconductores, se usará la funcional híbrida HSE06. Finalmente, se intentará determinar que sistemas presentan las condiciones adecuadas para potenciales aplicación en celdas fotovoltaicas basándonos principalmente con el valor del band-gap.

## MC-100 Propiedades estructurales y magnéticas en monocapas/heteroestructuras de $\text{NbSe}_2$

Pico R<sup>1</sup>, Abufager P<sup>1</sup>, Robles R<sup>2,3</sup>, Lorente N<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

<sup>2</sup> Donostia International Physics Center

<sup>3</sup> Centro de Física Materiales CFM/MPC (CSIC-UPV/EHU), San Sebastián, España

Los dicalcogenuros de metales de transición (TMD),  $\text{MX}_2$  ( $X = \text{S}, \text{Se}, \text{or Te}$ ) constituyen una familia de materiales de naturaleza laminar. En los últimos tiempos, dichos compuestos han cobrado gran interés a raíz de la versatilidad que ellos ofrecen para diseñar materiales 2D con fascinantes propiedades electrónicas y magnéticas, como por ejemplo, ondas de densidad

de carga (CDW), superconductividad, orden topológico, etc (ver por ejemplo 1 y referencias allí citadas). Las láminas o monocapas TMD, tricapas atómicas, tienen un ancho de 3 a 4 Angstrom y, dependiendo del compuesto, pueden presentar distintas fases. En el caso de  $NbSe_2$ , se han reportado monocapas de fase-H (2) y fase-T (3) con propiedades notablemente diferentes. Mientras que la fase-H es superconductora a bajas temperatura, la fase-T es aislante y posee una CDW que da lugar a una distribución magnética en forma de estrella de David. La conjunción de ambas fases en forma de heteroestructura ha puesto en relieve la formación de estados ligados Yu-Shiba-Rusinov (YSR) en el gap superconductor (4). Por otra parte, fenómenos muy diversos también han sido reportados experimentalmente para moléculas organometálicas y ad-átomos absorbidos en la fase superconductora de  $NbSe_2$  (5,6). Desde el punto de vista teórico y en el marco de cálculos basados en la Teoría de la Funcional Densidad (DFT), la descripción simultánea de monocapas en fases H y T de  $NbSe_2$  es un gran desafío debido a las distintas características físicas que cada una de ellas presenta. En este trabajo teórico, se pretende avanzar en esta dirección intentando capturar los principales rasgos de ambas fases a partir de cálculos DFT. Luego, se explora la interacción entre ellas en heteroestructuras. Además, se presentan las principales características de la adsorción de una impureza magnética, como la molécula de niqueloceno ( $NiC_{10}H_{10}$ ), en las distintas estructuras exploradas para  $NbSe_2$ .

- 1 S. Manzeli et al., Nat Rev Mater 2, 17033 (2017)
- 2 B. Guster et al., Nano Lett. 19, 5, 3027 (2019)
- 3 Y. Nakata et al., NPG Asia Mater 8, e321 (2016)
- 4 M. Liu et al., Sci. Adv. 7, eabi6339 (2021)
- 5 E. Liebhaber et al., Nature Communications 13, 2160 (2022)
- 6 S. Kezilebieke et al., Nano Lett. 19, 4614 (2019)

## MC-101 Propiedades magnéticas y Efecto Magneto-calórico en películas de LSMO depositado sobre $SiO_2$ mesoporoso

Passanaro S<sup>1 2 3</sup>, Granja L<sup>1 2</sup>, Vega D<sup>1 3</sup>, Fuertes M C<sup>2 4</sup>, Zelcer A<sup>3 5</sup>, Quintero M<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada, Gerencia de Investigación y Aplicaciones, CAC-CNEA

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología CAC, CNEA-CONICET

<sup>3</sup> Instituto Sabato/ Escuela de Ciencia y Tecnología, UNSAM

<sup>4</sup> Gerencia Química, CAC, CNEA

<sup>5</sup> CIBION, CONICET

Por un lado, los materiales mesoporosos han jugado un rol importante en el desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología dando lugar a una amplia variedad de aplicaciones en estos campos. Por otro lado, los óxidos de manganeso de valencia mixta (manganitas) han sido ampliamente explorados para aplicaciones magnéticas y espintrónicas. Sin embargo, la

incorporación de nanopartículas magnéticas, y particularmente nanopartículas de manganita, en micro y nanodispositivos sigue siendo un desafío. En la actualidad, se conocen varios métodos para la síntesis de nanopartículas metálicas (NPs) dentro de películas delgadas mesoporosas de óxidos (MTF) con resultados estructurales de alta calidad [1]. Inspirándonos en estas nanoestructuras, proponemos incorporar nanopartículas de manganita en el interior de los poros de MTF utilizando la técnica de depósito por ablación de láser pulsado (PLD). En este trabajo presentamos los resultados de la síntesis y caracterización de nanopartículas de  $La_{0,88}Sr_{0,12}MnO_3$  (LSMO) dentro de los poros de películas delgadas mesoporosas de  $SiO_2$  por PLD. Para comprender el proceso de llenado de los nanoporos, fabricamos muestras con diferentes tiempos de depósito, las cuales se compararon con películas delgadas de LSMO equivalentes depositadas por PLD en sustratos densos de  $SiO_2$ . Ambos sistemas fueron caracterizados estructural y magnéticamente. Los resultados obtenidos sugieren fuertemente que los poros se llenaron con LSMO durante el proceso de PLD.

Adicionalmente, el LSMO presenta efecto magnetocalórico, por lo que su temperatura aumenta cuando le aplicamos un campo magnético a una temperatura cercana a su  $T_c$  [2]. De esta forma, podemos aprovechar este efecto para calentar la matriz mesoporosa. En este trabajo también se estudiaron las propiedades magnetocalóricas de estas heteroestructuras.

[1] P. C. Angelomé y M. C. Fuertes. (2018). Metal nanoparticles-mesoporous oxide nanocomposite thin films, in Handbook of sol-gel science and technology. Springer International Publishing, 2507 - 2533.

[2] S. Passanante, D. Goijman, M. Linares Moreau, A.G. Leyva, C. Albornoz, D. Rubi, C. Ferreyra, D. Vega, L.P. Granja, M. Quintero, Magnetocaloric Effect in  $La_{0.88}Sr_{0.12}MnO_3$  films, Simposio XXIII Latin American Symposium on Solid State Physics (SLAFES XXIII) - 2018. Doi: 10.1016/j.matpr.2019.05.063 .

## MC-102 Propiedades superconductoras en el dopaje de K en $\beta$ -FeSe por irradiación

Mogensen G A<sup>1 2 3</sup>, Lanoël L<sup>1 2 3</sup>, Olivares C<sup>4</sup>, Pérez P D<sup>4</sup>, De Biasi E<sup>1 5 3</sup>, Suárez S<sup>1 4 6</sup>, Nieva G<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Laboratorio de Bajas Temperaturas, Centro Atómico Bariloche, CNEA

<sup>3</sup> CONICET

<sup>4</sup> División Física Atómica, Molecular y Óptica, y CONICET, Av. Bustillo 9500, 8400 S. C. de Bariloche, Río Negro

<sup>5</sup> Laboratorio de Resonancias Magnéticas, Centro Atómico Bariloche, Gerencia de Física, CNEA.

<sup>6</sup> CNEA-INTECNUS (Instituto de Tecnologías Nucleares para la Salud)

El superconductor  $\beta$ -FeSe es un sistema interesante para estudiar sus propiedades fundamentales, siendo objeto de investigación por años para comprender la física detrás de la superconductividad. Su estructura cristalina tetragonal a temperatura ambiente puede ser

descrita como un apilamiento de capas unidas por fuerzas de Van der Waals. Estas capas posibilitan que se intercalen metales alcalinos como el potasio para dopar de electrones al sistema, uno de los efectos que explican un aumento de la  $T_c$  o temperatura crítica superconductor de 8 K hasta 45 K de acuerdo al dopaje [1,2]. Sin embargo, en la literatura se informan sistemas donde la síntesis de cristales de  $K_xFe_2Se_2$  es complicada debido al surgimiento del aislante  $K_2Fe_4Se_5$  como fase espuria [2]. También se han intentado métodos sofisticados como la evaporación de átomos de K y posterior deposición en la superficie de films delgados de FeSe en ultra-alto vacío [1].

En este trabajo se aborda el estudio del dopaje de monocristales de  $\beta$ -FeSe con iones de  $K^{+1}$  irradiados a 2 MeV en las facilidades del acelerador tándem del Centro Atómico Bariloche. Se reportarán los resultados y el análisis del cambio de las propiedades de las muestras implantadas, y posteriormente recocidas. Para la caracterización se emplearon técnicas como DRX, espectroscopía Raman, SEM y AFM. Nos enfocaremos en la magnetización de volumen y en el transporte eléctrico. Se observó una interacción emergente entre la superconductividad y el ferromagnetismo.

[1] Song, C.-L., Zhang, H.-M., Zhong, Y., Hu, X.-P., Ji, S.-H., Wang, L., et al. Observation of Double-Dome Superconductivity in Potassium-Doped FeSe Thin Films. *Phys. Rev. Lett.*, 116, 157001, Apr 2016.

[2] Guo, J., Jin, S., Wang, G., Wang, S., Zhu, K., Zhou, T., et al. Superconductivity in the iron selenide  $K_xFe_2Se_2$  ( $0 \leq x \leq 1.0$ ). *Phys. Rev. B*, 82, 180520, Nov 2010.

## MC-103 Propiedades superconductoras en láminas delgadas desordenadas de NbTiN crecidas mediante pulverización catódica a temperatura ambiente

Rezinovsky S<sup>1 2</sup>, Mogensen G A<sup>3 2</sup>, Hofer J A<sup>3 2</sup>, Sirena M<sup>2 3 4</sup>, Haberkorn N<sup>2 3 4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Rioja

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>4</sup> CONICET

La fabricación y caracterización de láminas delgadas superconductoras de NbTiN es de relevancia tecnológica debido a sus numerosas aplicaciones en dispositivos tales como junturas Josephson y detectores de radiación [1]. Este material es usualmente crecido en forma de lámina delgada y puede presentar transición superconductor tan alta como 16 K [2]. Otra característica relevante del compuesto, es que preserva la superconductividad cuando es crecido a temperatura ambiente. Esto último requiere de la optimización en la estequiometría y la microestructura mediante el control de parámetros de crecimiento.

En este trabajo se presenta un estudio sistemático sobre las propiedades superconductoras de láminas delgadas de NbTiN crecidas mediante pulverización catódica a temperatura ambiente. Las muestras fueron crecidas utilizando un clster de cañones utilizando blancos puros de

Nb y Ti encendidos simultáneamente en una atmósfera reactiva de Ar /N<sub>2</sub>. El sustrato seleccionado fue Si, y se modificó de forma sistemática la potencia aplicada sobre los blancos, la concentración de la atmósfera reactiva y la presión total durante el crecimiento. De esta forma se determinaron los parámetros que permiten obtener láminas delgadas con temperatura crítica de 13.4 K. Se reporta la microestructura, la morfología superficial y propiedades de transporte tales como campos críticos. Por otro lado, a partir de curvas corriente-voltaje se analizó la densidad de corrientes crítica en función de temperatura, ángulo y campo magnético. Los mencionados parámetros son parte de una caracterización básica anterior a su futura aplicación en sensores de radiación.

[1] Chandra M. Natarajan, Michael G. Tanner, Robert H. Hadfield. Superconducting nanowire single-photon detectors: physics and applications. *Supercond.Sci. Technol.* 25 (2012) 063001. <https://doi.org/10.1088/0953-2048/25/6/063001>

[2] R. Baskaran, A. V. Thanikai Arasu, E. P. Amaladass, and M. P. Janawadkar. High upper critical field in disordered niobium nitride superconductor. *J. Appl. Phys.* 116 (2014) 163908. <https://doi.org/10.1063/1.4900436>

MC-104

## Propiedades termoelectricas de enfriado en un dispositivo Corbino con efecto Hall Cuántico

Herrera Mateos J<sup>1</sup>, Real M<sup>2,3</sup>, Arrachea L<sup>1</sup>, Tonina A<sup>2</sup>, Reichl C<sup>4</sup>, Wegscheider W<sup>4</sup>, Dietsche W<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Ciencias Físicas-UNSAM-CONICET*

<sup>2</sup> *Instituto Nacional de Tecnología Industrial*

<sup>3</sup> *Instituto de la Calidad Industrial - Universidad Nacional de San Martín*

<sup>4</sup> *Solid State Physics Laboratory, ETH Zürich, Switzerland*

Los fenómenos termoelectricos en dispositivos mesoscópicos cuánticos son un tema de gran interés desde hace algunos años. El régimen pertinente tiene lugar a bajas temperaturas, típicamente en el rango sub kelvin. Además del interés por las propiedades físicas fundamentales, la investigación en este campo está motivada por el desarrollo de tecnologías cuánticas emergentes. Por ejemplo, uno de los desafíos en este contexto es la eliminación del calor producido por estos dispositivos durante su funcionamiento.

En ese sentido, en este trabajo analizamos teóricamente las propiedades termoelectricas de enfriamiento de un dispositivo con simetría Corbino en el régimen de efecto Hall cuántico. Las mediciones de termovoltaje de este tipo de dispositivos, reportadas por ej. en *Phys. Rev. Applied*, 14 034019 (2020), muestran que el transporte se realiza en el régimen difusivo, sin efectos debidos a la interacción electrón-fonón, para una amplia región de temperaturas y factores de llenado. En este contexto las corrientes de calor y carga pueden ser descritas por medio de una función de transmisión. Inferimos esta función a partir de datos experimentales de medidas de conductancia y calculamos a partir de ésta la potencia de enfriado y el COP para una amplia gama de factores de llenado y temperaturas, en función de las diferencias de temperatura y potencial eléctrico. Los resultados obtenidos predicen un rendimiento de enfriado interesante en distintos regímenes de parámetros.

MC-105

## Reformado de Metanol sobre Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/g-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

## Un estudio combinado de espectroscopía infrarroja y teoría funcional densidad.

Hernández Guiance S N<sup>1</sup>, Torres S<sup>2</sup>, Coria D I<sup>1</sup>, Irurzun I M<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad del Centro de Estudios Latinoamericanos

<sup>2</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

<sup>3</sup> Centro de Simulación Computacional, CONICET.

El metano es uno de los principales gases de efecto invernadero, y su emisión puede reducirse o eliminarse por adsorción antes de que se libere de las chimeneas industriales. Tanto la oxidación parcial como total del metano son reacciones ampliamente estudiadas debido a su importancia tecnológica y ambiental. Los avances en la oxidación catalítica del metano son importantes para lograr una mayor eficiencia en las aplicaciones de generación de energía, así como para desarrollar nuevas rutas para transformar el metano en productos químicos de valor agregado. El oxígeno no reacciona con CH<sub>4</sub> excepto en un catalizador adecuado. En este trabajo realizamos un estudio combinado de espectroscopia infrarroja y teoría funcional de la densidad (DFT) de la reacción de oxidación del metano en Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Encontramos que el oxígeno adsorbido en estado disociativo favorece la deshidrogenación del CH<sub>4</sub>. La reacción ocurre con la formación de especies metoxi con átomos de oxígeno superficiales e hidroxilo con los átomos de oxígeno adsorbidos. La oxidación de las especies de metoxi conduce a la formación de formaldehído adsorbido, que puede transformarse en especies de dióxido de carbono de superficie. La interacción del CH<sub>3</sub> adsorbido con hidroxilo también puede producir metanol, que a su vez puede reaccionar con especies de formiato o dióxido de carbono.

## MC-106 Resistividad independiente de la temperatura de impurezas magnéticas y no magnéticas (s-p) diluidas en metales de transición

Ramunni V P<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

Estudiamos la resistividad independiente de la temperatura de impurezas s-p (no-magnéticas) y de tierras raras magnéticas (Gd, Tb, Dy) diluidas en metales de transición, empleando el formalismo de Dyson [1] en un sistema de dos bandas hibridizadas [1]. En este sistema consideramos que la conducción es debida a los electrones s y el apantallamiento de la diferencia de carga inducida por las impurezas es realizada por los electrones d. Dado que la conducción es exclusivamente debida a los electrones s, restringimos nuestra derivación de la ecuación tipo Dyson para los propagadores  $s - s$  perturbados de un electrón en términos del metal hospedero. Además hemos consideramos la quiebra de la simetría de traslación debido a la impureza y por lo tanto, obtenemos un potencial de carga efectivo el que puede ser calculado auto-consistentemente *via* una regla de suma de Friedel extendida. Los efectos

de la diferencia de volumen entre impureza-matriz también han sido considerado en este trabajo. Para la densidad electrónica empleamos una banda parabólica del tipo:

$$\rho_{\lambda}(\epsilon) = \alpha_{\lambda}(\epsilon^2 - \Delta_{\lambda}^2) \quad (\lambda = \text{s o d}), \quad (5)$$

donde  $\alpha_{\lambda}$  son las constantes de normalización tomadas como  $0,75\Delta_{\lambda}^{-1}$ , para obtener un electrón por átomo y  $\Delta_{\lambda}$  son los anchos de las bandas  $\lambda$  ( $\lambda = \text{s o d}$ ). Los valores de  $\Delta_{\lambda}$ , son estimados como  $\Delta_d/\Delta_s$  entre 0.2 y 0.4, para metales de transición. Empleamos además, otra densidad de estados más realista calculadas por primeros principios empleando el código SIESTA [2,3] para cada elemento de la matriz. Por lo tanto, con esta metodología pretendemos corroborar nuestras predicciones teóricas a chequeo experimental y cálculos ab-initio usando el código TBTrans [4] como esta implementado en SIESTA.

[1] A. Troper e A.A. Gomes, *Phys. Stat. Sol. (b)*, **68**, 99 (1975).

[2] J. Junquera, O. Paz, D. Sánchez-Portal, and E. Artacho, *Phys. Rev. B* **64**, 235111 (2001).

[3] E. Artacho, D. Sanchez-Portal, P. Ordejon, A. Garcia, and J. M. Soler, *Phys. Status Solidi B* **215**, 809 (1999).

[4] N. Papior, N. Lorente, T. Frederiksen, A. García, and M. Brandbyge. Improvements on non-equilibrium and transport Green function techniques: The next-generation TranSiesta, *Computer Physics Communications*, 212:8-24, mar 2017.

MC-107

## Respuesta de la fotoluminiscencia de polvos nano y microestructurados de ZnO a vapores orgánicos: un estudio preliminar

Cornet M<sup>1</sup>, Tirado M<sup>1</sup>, Comedi D<sup>1</sup>, Marin-Ramirez O<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NANOPROJECT, Laboratorio de Física del Sólido y Laboratorio de Síntesis de Nanomateriales, INFNOA - CONICET/UNT, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, UNT

El ZnO es un semiconductor con un gap directo de 3.37eV y una energía de ligadura excitónica de 60meV. Estas características le confieren una emisión de luz robusta a temperatura ambiente, la cual está fuertemente influenciada, entre otros factores, por su estructura de defectos y su superficie. Recientemente, nuestro grupo reportó una dependencia no monótona de la fotoluminiscencia de aglomerados de ZnO dependientes del número de nanopartículas, así como de la potencia de excitación y la exposición a vapor de etanol [1]. Estos fenómenos fueron relacionados con la auto-absorción de fotones emitidos y un balance entre la recombinación excitónica dentro de nanopartículas aisladas y la recombinación no radiativa a través de estados superficiales o interfaciales. Teniendo en cuenta esto, se propuso profundizar en el estudio de la emisión de luz desde este tipo de sistemas nanoestructurados en función del ambiente circundante, investigando el efecto de distintos vapores orgánicos sobre la fotoluminiscencia del ZnO así como el rol que juega la morfología y el tamaño de las estructuras que conforman el aglomerado. De esta manera, se están estudiando inicialmente dos sistemas: el primero, formado por nanopartículas con un diámetro de 20nm y el segundo, formado por micropartículas con diámetros de 1.1 $\mu$ m. Para ambos sistemas, se ha

medido la fotoluminiscencia (FL) excitando con un láser de HeCd ( $\lambda = 325\text{nm}$ ) mientras se los expone a vapores de metanol, etanol, isopropanol o acetona. Los primeros resultados han mostrado que la FL desde el sistema formado por micropartículas se ve muy poco afectado por la exposición a los distintos vapores orgánicos. En cambio, el sistema formado por nanopartículas sufrió, en el caso de exposición a vapores de alcoholes, un fuerte aumento de la emisión UV y un decrecimiento de la emisión visible. Dicho aumento fue relativamente mayor para el caso de la exposición a metanol. Por otro lado, el sistema nanoparticulado tuvo un comportamiento similar al ser expuesto a acetona, pero con cambios relativamente menores en la FL. En todos los casos, se demostró que después de retirar el vapor orgánico el sistema recupera la tendencia original de FL. Estos resultados sugieren que la respuesta de la FL de sistemas granulares de ZnO a los vapores orgánicos está dominada por las modificaciones en las propiedades optoelectrónicas de las interfaces partícula/partículas introducidas por las moléculas orgánicas incidentes.

[1] Oscar Marin, Gustavo Grinblat, Mónica Tirado and David Comedi, "Nonmonotonic excitation power dependence of the UV photoluminescence rate from large ZnO nanoparticle assemblies", *Nano-Structures Nano-Objects* 26, (2021), 100734.

MC-108

## Rugosidad y morfología de paredes de dominio magnéticos sometidos a campos alternos

Domenichini P<sup>1</sup>, Pasquini G<sup>1</sup>, Capeluto M G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires*

En películas ferromagnéticas ultradelgadas con anisotropía perpendicular al plano es posible describir las paredes de dominio magnético (PDMs) cómo una interfaz elástica en un medio desordenado. A través de esta descripción se pueden predecir las características principales de la dinámica del sistema, que está principalmente influenciada por la magnitud del campo magnético, la temperatura, y la intensidad del desorden. Por ejemplo, se puede predecir la dependencia de la velocidad promedio de las PDMs con el campo aplicado, y algunas características morfológicas, como el exponente de rugosidad [1]. Por otro lado, mostramos recientemente que al aplicar sucesivos pulsos de campo alterno (AC) hay una evolución morfológica de los dominios [2,3], en la que se evidencia un aumento progresivo de la rugosidad y una deformación a gran escala. En este trabajo presentamos un estudio de la deformación de las PDMs en películas ferromagnéticas ultradelgadas de  $Pt/Co/Pt$  y  $Pt/[Co/Ni]_4/Al$ , mediante el análisis de las funciones rugosidad y autocorrelación de los perfiles de las PDMs, antes y después de aplicar pulsos cuadrados AC de media nula. A partir de ambos métodos se obtuvo información de la geometría del dominio, además de las características generales de la rugosidad en estos sistemas, observando cambios asociados al anclaje propio de las muestras al aplicar pulsos AC.

Referencias:

[1] Alborno L., et al. Domain-wall roughness in GdFeCo thin films: crossover length scales and roughness exponents, *Phys. Rev. B.* 104, 024203 (2021).

[2] P. Domenichini, et al. Transient magnetic-domain-wall ac dynamics by means of magneto optical Kerr effect microscopy, *Phys. Rev. B.* 99, 214401 (2019).

[3] P. Domenichini, et al. Curvature-driven ac-assisted creep dynamics of magnetic domain walls, *Phys. Rev. B.* 103, 220409 (2021).

## MC-109 **Secuencia de solidificación de aleaciones eutécticas binarias Sn-9 %Cu (en peso) modificadas con Bi**

Fornaro O<sup>1</sup>, Morando C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de Materiales Tandil, CIFICEN (CONICET-UNCPBA), Pinto 399, B7000GHG Tandil, Argentina*

Desde hace una década, la industria electrónica tiene el interés de reemplazar las aleaciones de aporte de soldadura utilizada en la unión de componentes electrónicos de la Sn-37 %Pb por aleaciones libres de Plomo. Si bien existen muchas propuestas, las provenientes de la aleación ternaria Sn-Ag-Cu son la familia de aleaciones más utilizada, mayormente incorporando elementos aleantes como Ag, Zn, Cu, Bi entre otros. En general, estas aleaciones producen un buen wetting y forman por lo tanto uniones soldadas de buena calidad con los sustratos de Cu. Se demostró que la evolución microestructural de las aleaciones utilizadas para soldar es el factor principal para influir en la confiabilidad de las mismas. Por esta razón es interesante estudiar la estabilidad de las uniones soldadas y la influencia sobre las diferentes propiedades de interés de cada uno de los aleantes separadamente. Uno de los aspectos más significativos en este estudio, consiste en construir un método confiable de cálculo para determinar el desarrollo de las fases sólidas durante el proceso de solidificación en condiciones de equilibrio o cercanas al mismo. En este trabajo se utilizan resultados experimentales obtenidos por medio del enfriamiento y de la solidificación controlada de muestras metálicas obtenidas a partir de la aleación eutéctica binaria Sn-9 %Cu (en peso) modificadas con Bi desde 0 al 2 % Bi (en peso), comparando los hallazgos con el cálculo realizado por medio del cálculo del diagrama de fase utilizando el software OpenCALPHAD y bases de datos adecuadas para este sistema. Esto permite determinar la cantidad y composición de cada fase presente en el sólido, y la secuencia de solidificación durante el enfriamiento.

## MC-110 **Separación isotópica de litio por electrodeposición sobre oro: simulación y experimento**

Ciafardini M<sup>1</sup>, Cabello F<sup>1 2 3</sup>, Bellora M S<sup>2 3</sup>, Barral M A<sup>2 3</sup>, Vildosola V<sup>2 3</sup>, Corti H<sup>2 3</sup>, Viva F<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)*

<sup>3</sup> *Departamento de Física de la Materia Condensada, Gerencia de Investigación y Aplicaciones, CAC-CNEA*

Los dos isótopos estables del Li, <sup>6</sup>Li y <sup>7</sup>Li, son utilizados extensivamente en procesos vinculados a la industria y tecnología nuclear, donde está en aumento el interés en procedimientos de separación que reemplacen el tradicional uso de mercurio por su perjuicio con el medio

ambiente. Además, se espera que la demanda de  ${}^6\text{Li}$  vaya en aumento en los próximos años, debido a su papel fundamental como precursor combustible en los futuros reactores de fusión. En este sentido, la separación isotópica por electrodeposición sobre metales se presenta como una alternativa interesante [1], donde trabajos teóricos previos parecen indicar que electrodos que ligen más débilmente al átomo electrodepositado, favorecerán el enriquecimiento del isótopo más liviano [2].

En este trabajo, se estudia al Au como cátodo para la separación isotópica de litio por electrodeposición. La motivación para utilizar el oro se origina en su nobleza y baja reactividad química, lo que lo hace indicado para favorecer la electrodeposición del  ${}^6\text{Li}$ . A través de simulaciones por primeros principios basadas en la Teoría de la Funcional de la Densidad (DFT), se estudió el proceso de adsorción de Li sobre diferentes sitios cristalinos de la superficie (111) y se modelaron diferentes configuraciones de Li adsorbido, como la monocapa, la bicapa y el cluster piramidal. Se calcularon las frecuencias de vibración de los isótopos adsorbidos, para estimar el fraccionamiento isotópico en cada configuración simulada a través del cálculo de las funciones de partición reducidas [3,4].

Experimentalmente, se realizaron electrodeposiciones de Li sobre electrodos de Au a partir de bis(trifluorometanosulfonil)imida de litio (LiTFSI) en dimetilsulfóxido (DMSO), sal y solvente muy utilizados en baterías de litio. Las electrodeposiciones se hicieron a un sobrepotencial definido (habiéndose determinado previamente el potencial de equilibrio), variando la carga circulada entre 0,1 C y 1 C. El Li electrodepositado fue extraído del electrodo, y la relación  ${}^6\text{Li}/{}^7\text{Li}$  fue determinada por espectrometría de masa y analizada en función de los cálculos teóricos previos.

[1] J Black et al, J. Am. Chem. Soc 131 (2009) 9904

[2] K Yamaji et al, J. Phys. Chem. A 105 (2001) 602

[3] J Bigeleisen et al, J. Chem. Phys 15 (1947) 261

[4] M Méheut et al, Geochim. Cosmochim. 71 (2007) 3170

## MC-111 Síntesis y caracterización de electrodos de níquel nanoestructurados por vías electroquímicas

Cabello F<sup>1 2 3</sup>, Bellora M S<sup>2 3</sup>, Corti H<sup>2 3</sup>, Viva F<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)

<sup>3</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada GlyA -CNEA

Los electrodos de níquel con alta área superficial son muy investigados y utilizados para varias aplicaciones, como baterías y celdas de combustible, entre otras. En un ejemplo específico, los electrodos de níquel se presentan como una opción prometedora para la separación isotópica de litio por electrodeposición, donde la naturaleza en cascada de la operación podría verse beneficiada con el uso de electrodos de gran área superficial [1].

En este trabajo, se sintetizaron y se caracterizaron electrodos de níquel utilizando diferentes técnicas, como la electrodeposición asistida por un cristal líquido, el etching electroquímico de una aleación Ni-Cu o Ni-Zn. La primera, consistente en una síntesis asistida por un copolímero tribloque de poli (óxido de etileno) y poli (óxido de propileno), de nombre comercial Pluronic F127. La adición de un surfactante como el F127 en la mezcla de galvanoplastia fue con el objetivo de conseguir un empaquetamiento hexagonal y tamaños de poros considerables ( 10 nm de diámetro) [2]. El método de etching o corrosión selectiva del componente más activo de la aleación consiste en, al menos, dos etapas, la electrodeposición de la aleación de Ni y el etching electroquímico del componente más activo[3]. De esta forma se obtuvieron electrodos de Ni con una gran área superficial.

La caracterización estructural y morfológica de los electrodos obtenidos se llevó a cabo utilizando técnicas de microscopía electrónica de barrido (SEM), de transmisión (TEM), de fuerza atómica (AFM), entre otras. Mientras que la respuesta electroquímica y la estimación del área específica fue obtenida través del análisis del pico de oxidación a NiOOH a 360 mV vs Ag/AgCl en KOH (sat.), característico del níquel en medio básico [4]. Los resultados indican que existe una respuesta electroquímica hasta 100 veces mayor respecto a un electrodo de níquel liso, y que puede ser fácilmente ajustable variando las condiciones electroquímicas de obtención. Este aumento es consistente con una mayor área específica. Estos electrodos de níquel serán ensayados en procesos de separación isotópica de litio por vías electroquímicas, y podrían ser aprovechados en cualquier otra aplicación que se vea beneficiada con una mayor área específica en los electrodos.

[1] Cabello F., (2020). Tesis de maestría. UNSAM-CNEA.

[2] Francheschini E., (2012). Tesis de doctorado. FCEN - UBA.

[3] L Sun et al, Chem. Mater. 16 (2004) 3125.

[4] P Nelson et al, J. Am. Chem. Soc. 14 (2002) 524

## MC-112 Síntesis y caracterización de materiales almacenadores de hidrógeno basados en hidruros complejos

Fagiano F P<sup>1,2</sup>, Amica G<sup>3</sup>, Arneodo Larochette P P<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

La matriz energética mundial está basada en fuentes de energía no renovables. El petróleo, gas natural y carbón representan más del 75 % del suministro de energía y generan un fuerte impacto ambiental debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente dióxido de carbono. En este contexto, es necesario desarrollar fuentes alternativas de energía. El hidrógeno ha presentado en las últimas décadas un creciente interés como uno de los elementos claves en la transición energética desde los combustibles fósiles hacia alternativas más limpias.

El hidrógeno es el combustible que posee mayor energía por unidad de masa. Sin embargo, su baja densidad a temperatura ambiente genera una baja energía por unidad de volumen, por lo que se requiere el desarrollo de métodos de almacenamiento que permitan almacenar una mayor densidad de energía. El almacenamiento de hidrógeno en estado sólido se presenta como una alternativa ventajosa en cuanto a volumen ocupado, peso y seguridad. Dentro de este grupo se encuentran los hidruros e hidruros complejos, los cuales son compuestos que poseen un alto contenido de hidrógeno en su estructura que puede ser liberado de manera reversible al ajustar las condiciones de presión y temperatura.

En las últimas décadas se ha puesto en foco a los hidruros complejos, ya que estos poseen altas capacidades gravimétricas y volumétricas de almacenamiento, pero estos son muy estables termodinámicamente y presentan temperaturas de desorción elevadas. Existe evidencia que demuestra que la formación de materiales compuestos a partir de hidruros e hidruros complejos genera que la liberación de hidrógeno ocurra a menor temperatura [1].

En particular el material compuesto  $Mg(NH_2)_2 - 2LiH$  resulta ser especialmente atractivo. Sin embargo, se requieren temperaturas mayores a 200 C para lograr velocidades interesantes. Estudios cinéticos demostraron que la etapa limitante de la deshidrogenación está dominada por la difusión. El desafío consiste en lograr altas capacidades volumétricas y gravimétricas en simultáneo con temperaturas de operación menores a 200 C. Se demostró que el material compuesto  $2LiNH_2 : MgH_2 : LiBH_4$  exhibe una ruta de reacción autocatalizada, responsable de cinéticas rápidas y menores temperaturas de desorción. La mejora de las propiedades se explica por la formación de una fase iónica de baja temperatura de fusión (100 C),  $Li_4(NH_2)_3BH_4$ , a la cual se la vincula al debilitamiento del enlace N-H y el aumento de la movilidad de iones de litio [2].

En este trabajo se llevaron a cabo la síntesis del material  $Mg(NH_2)_2 - 2LiH - Li_4(NH_2)_3BH_4$  mediante molienda mecánica y posterior tratamiento térmico variando la estequiometría de los reactivos ( $2LiNH_2 : MgH_2 : LiBH_4$ ), la caracterización estructural mediante difracción de rayos X (XRPD) y espectroscopía de infrarrojo (FTIR) de los materiales obtenidos luego de la molienda mecánica, tratamiento térmico y en estado absorbido y desorbido luego de 10 ciclos. Se evaluaron las capacidades de almacenamiento de los sistemas a 200 C, así como también la reversibilidad, cinética de reacción con hidrógeno y estabilidad al ciclado. Además, se estudiaron las propiedades termodinámicas mediante isothermas de presión composición del sistema sintetizado en proporciones molares 2:1:0,2.

[1] Garroni, S., Santoru, A., Cao, H., Dornheim, M., Klassen, T., Milanese, C., Gennari, F., Pistidda, C. Recent Progress and New Perspectives on Metal Amide and Imide Systems for Solid-State Hydrogen Storage. *Energies*, 11(5), 2018.

[2] Amica, G., Cova, F., Arneodo Larochette, P., Gennari, F. Effective participation of  $Li_4(NH_2)_3BH_4$  in the dehydrogenation pathway of the  $Mg(NH_2)_2 - 2LiH$  composite. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 18, 17997-18005, 2016.

## MC-113 Sistema Ni/Ce<sub>0,9</sub>Zr<sub>0,1</sub>O<sub>2</sub>: Análisis del orden local, microestructura y presencia de defectos

Zimicz M<sup>1</sup>, Vega-Castillo J<sup>1</sup>, Prado A<sup>2</sup>, Torres Y<sup>1</sup>, Sánchez M D<sup>1</sup>, Caneiro A<sup>3</sup>, Prado F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física del Sur (IFISUR), Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur (UNS), CONICET, Av. L. N. Alem 1253, B8000CPB - Bahía Blanca, Argentina.

<sup>2</sup> *Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA, CONICET, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500 (8400) S. C. Bariloche, Argentina.*

<sup>3</sup> *YPF Tecnología S.A.*

El uso de materiales basados en  $\text{CeO}_2$  para aplicaciones en catálisis es de gran interés actual [1], en particular la utilización de metales de transición soportados en  $\text{CeO}_2$  or  $\text{Ce}_{0,9}\text{Zr}_{0,1}\text{O}_2$  [1,2]. En este trabajo se analizó la solubilidad del Ni en  $\text{Ce}_{0,9}\text{Zr}_{0,1}\text{O}_2$ , con el objetivo de controlar la cantidad de metal en la superficie mediante el proceso de exsolución. Los materiales de composición nominal  $(\text{Ce}_{0,9}\text{Zr}_{0,1})_x\text{Ni}_{1-x}\text{O}_2$  (con  $x = 0.03, 0.05$  y  $0.1$ ) fueron sintetizados por el método de complejación de cationes con ácido cítrico, y luego tratados térmicamente a  $600, 800$  y  $1000^\circ\text{C}$  a fin de analizar el efecto de la temperatura de calcinación en la solubilidad. Los materiales obtenidos fueron caracterizados mediante las técnicas de difracción de Rayos-X (DRX), espectroscopía de absorción de rayos X (XAS, en la línea XAFS2 del LNLS, Campinas, Brasil), espectroscopía Raman, y espectroscopía de fotoelectrones de Rayos-X (XPS). En particular, para las muestras con  $x = 0.05$  y  $0.1$  se realizaron análisis complementarios mediante microscopía electrónica de transmisión de alta resolución (HR-TEM). Mientras que para las muestras con  $x = 0.03$  y  $0.05$  calcinadas a  $600^\circ\text{C}$  no se observa segregación de una fase secundaria, las muestras calcinadas a  $T \geq 800^\circ\text{C}$ , y/o con  $x = 0.1$  exhiben reflexiones correspondientes a NiO. Los parámetros de red no muestran una variación apreciable en función del contenido de Ni en  $\text{Ce}_{0,9}\text{Zr}_{0,1}\text{O}_2$  sugiriendo que la solubilidad del Ni en la estructura fluorita es insignificante. En línea con estos resultados, el análisis de la región EXAFS del espectro de XAS revela que no existe orden de largo alcance alrededor del Ni para las muestras tratadas a  $600^\circ\text{C}$  y con  $x \leq 0.05$ . Cuando se incrementa la temperatura del tratamiento térmico, o la concentración del metal, se observan espectros de absorción y estados de oxidación similares al del NiO. Por medio de HR-TEM se observó que la muestra con  $x=0.05$  tratada a  $600^\circ\text{C}$  posee regiones en los bordes de las partículas cristalinas de  $\text{Ce}_{0,9}\text{Zr}_{0,1}\text{O}_2$ , que no evidencian un arreglo atómico regular. El análisis por transformada de Fourier de estas regiones no revela anillos de difracción, evidenciando que esas partículas se encuentran en estado amorfo. En cambio, en la muestra con  $x = 0.1$  tratada a  $600^\circ\text{C}$  se observan claramente los planos cristalográficos del NiO segregado y de la matriz de  $\text{Ce}_{0,9}\text{Zr}_{0,1}\text{O}_2$ . A través de XPS se evaluó la composición superficial de las muestras, y la variación de la relación  $\text{Ce}^{+4}/\text{Ce}^{+3}$ . Mediante espectroscopía Raman, se pudo evaluar cualitativamente la evolución de la concentración de vacancias de oxígeno, en función del contenido de Ni y la temperatura de calcinación. No se observaron bandas asociadas a la presencia de NiO para las muestras con  $x \leq 0.05$  y/o  $T \leq 600^\circ\text{C}$ , en concordancia con los resultados obtenidos por las demás técnicas de caracterización. Además, no se observó el desdoblamiento de la banda de defectos, que pudiera dar cuenta de la presencia de defectos extrínsecos debido a la sustitución del  $\text{Ce}^{+4}$  por  $\text{Ni}^{+2}$ . Se concluyó que la solubilidad de Ni en la estructura cristalina de  $\text{Ce}_0.9\text{Zr}_0.1\text{O}_2$  es pequeña, probablemente menor a  $0.03$ . Para bajos contenidos de Ni ( $\leq 0.05$ ) y temperaturas de calcinación  $\leq 600^\circ\text{C}$ , nuestros datos indican que se encontraría como una fase amorfa dispersa sobre los bordes de las partículas cristalinas de la ceria-circonia. Cuando se incrementa el contenido de Ni y/o la T de calcinación, el Ni es segregado como NiO.

- [1] T. Montini et al. *Chem. Rev.* 116 (2016) pp. 5987-6041.  
 [2] Z. Liu et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 56 (2017) pp. 13041-13046.

## MC-114 Spin transport for a trilayer heterostructure with electric field: influence of the magnetization vector in-plane of the barrier

Zuñiga J A<sup>1</sup>, Gil Rebaza A V<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, FACNED, Universidad del Cauca. 190002 Cauca, Colombia*

<sup>2</sup> *Departamento de Física e Instituto de Física La Plata (CONICET), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, 1900 La Plata, Argentina*

Theoretical analyzes on spin transport are supported by the heterostructures made up of two diluted magnetic semiconductors (DMS) or ferromagnetic semiconductors (FMS) separated by a nonmagnetic semiconductor (SC) barrier. This work considers the angular dependence of the magnetization vectors through the internal exchange energy [1] in the DMS [2] or FMS [3,4] and the spin-orbit coupling (SOC) effect on the barrier. Based on parabolic valence band effective mass approximation and spontaneous magnetization of DMS or FMS electrodes, we have obtained an analytical expression of the angular dependence of transmission for the initial state of the magnetization vector fixed to  $\theta_0 = \{0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}\}$  allowing us study the SOC Dresselhaus and Rashba. For the singular case of  $\theta_0 = 0$ , our results are in agreement with previous studies with [5] and without [6] electric field. We also examine the dependence of spin polarization and tunneling magnetoresistance (TMR) function with the barrier thickness, temperature and the relative angle between the magnetizations of two DMS or FMS layers, in the heterostructures GaMnAs/GaAs/GaMnAs and InFeAs/InAs/InFeAs. Our calculations explain the main features of experimental observations [5,7]. The results can be applied to new heterostructures used in spintronic devices such as spin valves.

### Reference

- [1] A. Matos-Abiague and J. Fabian, "Anisotropic tunneling magnetoresistance and tunneling anisotropic magnetoresistance: Spin-orbit coupling in magnetic tunnel junctions," *Phys. Rev. B*, **79** (2009) 1-19, doi:10.1103/PhysRevB.79.155303
- [2] J. E. Bunder, "Spin-polarized transport in dilute magnetic semiconductor tunnel junctions," *Appl. Phys. Lett.*, **91** (2007) 1-3, doi:10.1063/1.2775032
- [3] M. Kobayashi, L. D. Anh, J. Minár, W. Khan, S. Borek, P. N. Hai, Y. Harada, T. Schmitt, M. Oshima, A. Fujimori, M. Tanaka and V. N. Strocov, "Minority-spin impurity band in n-type (In,Fe)As: A materials perspective for ferromagnetic semiconductors," *Phys. Rev. B*, **103** (2021) 1-10, doi:10.1103/PhysRevB.103.115111
- [4] L. D. Anh, P. N. Hai and M. Tanaka, "Observation of spontaneous spin-splitting in the band structure of an n-type zinc-blende ferromagnetic semiconductor," *Nat. Commun.*, **7** (2016) 1-8, doi:10.1038/ncomms13810

- [5] A. Saffarzadeh and A. A. Shokri, "Quantum theory of tunneling magnetoresistance in GaMnAs/GaAs/GaMnAs heterostructures," *J. Mag. Mag. Mat.*, **305** (2006) 141-146, doi:10.1016/j.jmmm.2005.12.001
- [6] K. Kondo, "Spin transport in ferromagnet/semiconductor/ferromagnet structures with cubic Dresselhaus spin-orbit-interaction," *J. Appl. Phys.*, **111** (2012) 1-3, doi:10.1063/1.3677799
- [7] Y. C. Tao, J. G. Hu and H. Liu, "Spin-polarized transport in diluted GaMnAs/AlAs/GaMnAs ferromagnetic semiconductor tunnel junctions," *J. Appl. Phys.*, **96** (2004) 498-502, doi:10.1063/1.1756692

## MC-115 Superconductores laminares con BiS<sub>2</sub>: transporte y conductividad óptica en el estado normal

Ventura C<sup>1 2 3</sup>, Querales Flores J D<sup>4</sup>, Citro R<sup>5</sup>, Rodríguez Núñez J J<sup>6</sup>

<sup>1</sup> CONICET

<sup>2</sup> Gerencia de Física, Centro Atómico Bariloche, CNEA

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Río Negro

<sup>4</sup> Huddl Mobility Ltd., t/a CitySwift Portershed, Eyre Sq., Galway City, Co. Galway, Irlanda

<sup>5</sup> CNR-SPIN y Depto. de Física E.R. Caianiello, Univ. degli Studi di Salerno, Italia

<sup>6</sup> Departamento de Física, FACYT - Universidad de Carabobo, Venezuela

En 2012 se descubrió la superconductividad en la familia de compuestos laminares con planos de BiS<sub>2</sub>. No obstante presentar una estructura laminar similar a la de los planos de CuO<sub>2</sub> en cupratos superconductores o de FeAs en ferropnictidos, otras propiedades tienen características distintas. Aún se investiga y discute el mecanismo para la superconductividad, existiendo diversas propuestas, y sigue abierto el interrogante sobre la relevancia de las correlaciones electrónicas en estos bismutatos.

Enfocamos nuestro trabajo en la descripción del estado normal. A través del tratamiento analítico de un modelo microscópico mínimo propuesto para estos bismutatos, basado en dos bandas efectivas con correlaciones electrónicas, primeramente hemos estudiado las funciones de Green electrónicas dependientes de temperatura, con las cuales hallamos la densidad espectral y densidad de estados [1]. Mostramos que la inclusión de correlaciones electrónicas moderadas mejora la descripción de resultados de experimentos de ARPES, habiendo predicho la dependencia con temperatura y momento cristalino  $k$  de la densidad espectral. Encontramos que la transición topológica de la superficie de Fermi a un valor de dopaje crítico, resultaba independiente de temperatura. Posteriormente, determinamos la conductividad eléctrica (y resistividad) y el coeficiente de Hall, empleando el formalismo de Kubo, mostrando que obteníamos una buena descripción cualitativa de los datos experimentales disponibles para diversos bismutatos al incluir correlaciones electrónicas moderadas. [2-3]

Con el mismo modelo y la aproximación analítica empleada para su tratamiento, en este trabajo ponemos el foco en el estudio de la conductividad óptica y el poder termoeléctrico de los materiales superconductores laminares con BiS<sub>2</sub>, en particular investigando su

dependencia con dopaje y temperatura en el estado normal.

- [1] J.Querales C. I.Ventura, R. Citro J.J. Rodríguez Núñez, Phys. B 488, 32-42 (2016).  
 [2] C. I. Ventura. Charla Invitada: 'Normal state properties of layered Bi-based superconductors: transport and spectral properties ', Workshop: 'Emergent Phenomena in Strongly Correlated Matter ', International Institute of Physics Natal, Brasil, 27-31 agosto 2018.  
 [3] C.I. Ventura. Charla de Div. Materia Condensada: 'Superconductores laminares con BiS2 : transporte y propiedades espectrales en el estado normal ', RAFA 104-Santa Fe, 30 sept. 2019.

## MC-116 **Tecnologías cuánticas basadas en Circuitos Cuánticos Híbridos**

Tosi L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *División Dispositivos y Sensores, Centro Atómico Bariloche, CNEA, Argentina.*

Until very recently, the research on semiconductor-based electronics and on mesoscopic physics in semiconductor heterostructures evolved on a separate track to that of superconducting circuits and mesoscopic superconductivity. The emergence of proposals for exciting new phenomena expected in devices based on hybrid superconductor/semiconductor platforms started erasing the borderlines between such research fields and scientific communities. I will present my research project which inserts in this incipient field of hybrid platforms where material science, condensed matter, mesoscopic physics, and electronic engineering are converging to build novel devices with unprecedented properties, and to explore and even manipulate microscopic degrees of freedom with high precision. In this context, hybrid Josephson junctions based on two-dimensional Al-InAs heterostructures constitute very versatile and tunable nonlinear inductors which may be easily integrated together with other components to realize quantum circuits. I plan to pursue the implementation of quantum circuits for amplification, tunable highly nonlinear resonators and noise-protected qubits. The project aims to exploit the unconventional Josephson effect observed in the 2D Al-InAs platform in order to highlight the spin degree of freedom and spin-orbit effects in the quantum circuits response.

## MC-117 **Tenacidad a la fractura y mecanismo de falla de nanocompuestos epoxi/grafeno**

Silva L<sup>1</sup>, Tomba J P<sup>1</sup>, Perez J<sup>1</sup>, Pettarin V<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *INTEMA, Facultad de Ingeniería, CONICET - Universidad Nacional de Mar del Plata*

En este trabajo se utilizó el monómero éter diglicidílico de 1,4-butanodiol (BDE) como plataforma para producir nanocompuestos epoxi/grafeno mediante polimerización in situ sin utilización de solventes orgánicos. Aprovechando la capacidad del BDE para dispersar el grafeno de manera eficiente se prepararon una serie de nanocompuestos epoxi/grafeno con diferentes contenidos de carga: 0.05, 0.1 y 0.25 % wt. Se seleccionó grafeno nanoplatelets

como nano-refuerzo y se utilizó 4,4-diamino-3,3-dimetil diciclohexil-metano (3DCM) como agente de curado. Los nanocompuestos mostraron un muy buen nivel de dispersión de grafeno y evidenciaron una disminución de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) a medida que aumenta el % wt de grafeno. Resultados de tenacidad a la fractura muestran un marcado aumento en la resistencia a la iniciación (K) y a la propagación (J), incrementos del 70 y 30 % respectivamente se observaron en nanocompuestos con muy poca cantidad de grafeno (0.1 % wt). Estos resultados indican una mayor resistencia a la iniciación y propagación de fisuras en relación a la muestra sin grafeno, lo que permite concluir que la presencia del nano-refuerzo mejora la adhesión de las fases induciendo una mejor transferencia de esfuerzos. También la disminución de  $T_g$  estaría relacionada a la menor cantidad de sitios de entrecruzamiento lo cual tiene relación directa con el aumento en la tenacidad.

## MC-118 TENSIÓN SUPERFICIAL DEL PROPA- NOATO DE BUTILO (1) + N-HEPTANO (2) A DIFERENTES TEMPERATURAS

Mondragón A<sup>1</sup>, Carrizo L<sup>1, 2</sup>, Camacho A<sup>1, 2</sup>, Mariano A<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Comahue

<sup>2</sup> Instituto de Investigación en Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería. IITCI CONICET UNCo

Se desarrollaron estudios de tensión superficial en mezclas binarias ya que estos datos experimentales aportan una gran contribución a muchas aplicaciones de ingeniería. La tensión superficial es una de las propiedades físicas empleadas para clasificar la capacidad de penetración de solventes empleados en la restauración de pinturas y obras de arte [1].

En las formulaciones de solventes en la industria de pinturas y revestimientos se busca reemplazar al xileno, por sus características tóxicas. En investigaciones de fabricantes se mencionan compuestos oxigenados como posibles sustituyentes. Los resultados indican que el propionato de n-butilo se pueden usar en mezclas con un hidrocarburo alifático para reemplazar el xileno en recubrimientos a base de solventes [2].

En el presente trabajo se estudió el sistema binario propanoato de butilo (1) + n-heptano (2) en todo el rango de composición a las temperaturas de 288,15, 298,15 y 308,15 K y a presión atmosférica. Las mezclas se prepararon por pesada y posteriormente se determinó la tensión superficial con un tensiómetro de gota LAUDA TVT2, termostatzado a las temperaturas de trabajo.

Las propiedades medidas exhibieron una tendencia decreciente hacia un aumento en la temperatura del sistema, lo que corresponde al comportamiento habitual observado para los sistemas líquidos. La tensión superficial crece de forma no lineal al aumentar la concentración de propanoato de butilo a temperatura constante.

[1] Liliane Masschelein-Kleiner. Les Solvants. Institut royal du patrimoine artistique, 1994.

[2] Ramey J. Replacing HAP Solvents: Xylene and Toluene, Paint Coatings Industry Magazine, 2006.

## MC-119 Termodinámica de la transformación mar- tensítica bajo tensión en láminas delgadas de

## NiTiCo

Malvasio B F<sup>1</sup>, Isola L M<sup>1</sup>, Giordana M F<sup>1</sup>, Malarría J A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física de Rosario, CONICET-UNR

Las aleaciones de base NiTi de composiciones cercanas a la equiatómica son las aleaciones con memoria de forma más estudiadas en la literatura y las que presentan el mayor número de aplicaciones por sus excelentes propiedades funcionales y de biocompatibilidad. La memoria de forma en estas aleaciones es producida por una transformación martensítica entre una fase austenítica B2 a una fase martensítica monoclinica B19'.

Al fabricarse en forma de láminas delgadas mejora notablemente su velocidad de respuesta al ser más fácil la transferencia de calor y, debido a su alta densidad de trabajo de hasta 10 J/g, son buenas candidatas para reemplazar los actuadores convencionales [1]. La adición de Co permite el descenso controlado de las temperaturas de transformación [2] y promueve la aparición de una fase martensítica intermedia R, de estructura trigonal. La aparición de esta fase R produce que la transformación suceda siguiendo la secuencia B2→R y R→B19', lo cual resulta útil para ciertas aplicaciones.

Las transformaciones martensíticas usualmente son tratadas como transformaciones de fase de primer orden no difusivas, donde la temperatura de equilibrio  $T_0$  entre las fases se define sin ambigüedad como la temperatura a la que la energía libre de Gibbs de las dos fases asume el mismo valor. Sin embargo, la situación observada experimentalmente es más compleja y la relación entre las temperaturas de transformación y la  $T_0$  debe ser discutida en términos del trabajo de fricción y la energía elástica acumulada [3]. Estas cantidades se pueden calcular teniendo en cuenta las temperaturas y los calores de transformación.

La transformación inducida térmicamente produce un autoacomodo de las variantes de la martensita y de esta forma no se observa un cambio de forma macroscópico. Como la transformación martensítica es un mecanismo del tipo de corte, la aplicación de una carga externa asiste la transformación, produciendo una deformación macroscópica recuperable. Además, la aplicación de una carga externa produce un corrimiento en las temperaturas de transformación, siguiendo una relación del tipo Clausius-Clapeyron. Por este motivo, es interesante analizar el efecto de la carga aplicada en las propiedades termodinámicas, tales como el trabajo de fricción y la energía elástica acumulada.

La cristalización a distintas temperaturas de láminas delgadas amorfas de aleación base NiTi ricas en Ti produce la aparición de distintas e interesantes microestructuras, ausentes en las aleaciones bulk producidas por las técnicas convencionales. En esta región del diagrama de fases, las temperaturas de las transformaciones martensíticas no se ven afectadas por un cambio en la composición de níquel y titanio, como sucede en la aleaciones ricas en Ni. De esta manera, las temperaturas de transformación están relacionadas con la microestructura de las muestras y la carga externa aplicada.

En este trabajo, se estudió el efecto de la carga externa sobre el trabajo de fricción y la energía elástica acumulada en láminas delgadas de Ni<sub>46,2</sub>Ti<sub>51,1</sub>Co<sub>2,7</sub> (% at.) tratadas térmicamente a 500, 600 y 700 °C durante una hora para lograr su cristalización y obtener diferentes microestructuras. Para ello se realizaron mediciones de calorimetría (DSC) y ciclos térmicos bajo carga en las diferentes muestras y se analizó su relación con la microestructura observada por microscopía electrónica de transmisión (TEM).

- [1] M. Kohl, Shape Memory Microactuators, Springer (2010).  
 [2] H. Hosoda et al., Intermetallics 6 (1998), 291-301.  
 [3] P. Wollants et al., Prog. Mater. Sci. 37 (1993), 227-288.

## MC-120 Texturas de espín-momento en compuestos antiferromagnéticos

Facio J<sup>1 2 3 4</sup>

<sup>1</sup> IFW Dresden, Leibniz Institute

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Grupo de Teoría de la Materia Condensada - Centro Atómico Bariloche

<sup>4</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

Uno de los aspectos de interés en sistemas electrónicos topológicamente no triviales, es la emergencia de texturas de espín en el espacio de momentos. Estas consisten en el bloqueo entre el espín del electrón y su momento lineal. En esta ocasión presentaré algunos ejemplos de interés en distintos compuestos antiferromagnetos. En primer lugar, describiré el caso de aislantes topológicos magnéticos [1,2,3] donde el acoplamiento espín-órbita juega un rol esencial. En segundo lugar, me referiré a compuestos donde la magnetización cero en el espacio real contrasta con la ruptura de la degeneración de espín en el espacio de momentos [4]. En este último caso, la textura de espín-momento está primariamente determinada por el orden magnético y sobrevive incluso en el límite de espín-órbita cero.

- [1] Vidal, R.C., Zeugner, A., Facio, J.I., Ray, R., et al. Physical Review X, 9(4), p.041065. (2019)  
 [2] Vidal, R. C., Bentmann, H., Facio, J. I., Heider, et al. Physical Review Letters, 126(17), 176403 (2021)  
 [3] Naselli, G., Moghaddam, A. G., Di Napoli, S., Vildosola, V., Fulga, I. C., Brink, J. V. D. and Facio, J.I. arXiv:2205.09218 (2022)  
 [4] Guo, Y., Liu, H., Janson, O., Fulga, I.C., Brink, J. V. D. and Facio, J.I. arXiv:2207.07592 (2022).

## MC-121 Transferencia térmica por conducción entre láminas delgadas

Mancardo Viotti A M<sup>1 2</sup>, Monastra A G<sup>1 2</sup>, Carusela M F<sup>1 2</sup>, Bea E A<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> CONICET

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento

<sup>3</sup> Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

La conductividad térmica en semiconductores es determinada fundamentalmente por los fonones. En láminas delgadas, con una alta relación superficie a volumen, los efectos de superficie y la configuración electrónica superficial juegan un rol relevante en el comportamiento fonónico, y en consecuencia, en las propiedades térmicas. En el caso de un sistema

de dos láminas delgadas paralelas separadas una distancia de pocos nanómetros, el acoplamiento electrónico entre ambas superficies puede producir un acoplamiento de modos vibracionales, activándose un proceso de transferencia térmica por conducción entre ambas láminas. En este trabajo se analiza el comportamiento de las bandas fonónicas en función de la distancia de separación, desde láminas aisladas hasta láminas casi en contacto, con el fin de determinar los modos involucrados en la transferencia térmica. Se emplean simulaciones atomísticas basadas en el método Density Functional Based Tight Binding (DFTB), el cual es una aproximación a la teoría del funcional de la densidad (DFT), que reduce las ecuaciones de Kohn-Sham a una forma Tight Binding (TB).

## MC-122 Una mirada DFT a la magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). La transición de Verwey, half-metallic o semiconductor, los resultados Mössbauer y en medio la simetría

Medina Chanduví H<sup>1</sup>, Gil Rebaza A V<sup>1</sup>, Salcedo Rodríguez K<sup>1</sup>, Mudarra Navarro A<sup>1</sup>, Melo Quintero J<sup>2</sup>, Errico L<sup>1,3</sup>, Rodríguez Torres C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física e Instituto de Física La Plata (IFLP, CCT La Plata, CONICET-UNLP), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, CC 67, 1900 La Plata, Argentina

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad Nacional de La Plata, CCT La Plata

<sup>3</sup> Universidad Nacional del Noroeste de la Pcia. de Buenos Aires (UNNOBA), Montegudo 2772, Pergamino, CP 2700 Buenos Aires, Argentina

Las ferritas ( $\text{XFe}_2\text{O}_4$ , X=metal) son una familia de óxidos magnéticos que, debido a sus numerosas aplicaciones tecnológicas y diversas e intrigantes propiedades magnéticas, han recibido mucha atención tanto desde el punto de vista experimental como teórico. Las ferritas cristalizan en la estructura cúbica centrada en las caras y se caracterizan por una disposición atómica con dos sitios cristalográficos para los cationes: sitios A (coordinación tetraédrica de oxígenos) y sitios B (coordinación octaédrica de oxígenos). Se pueden distinguir dos tipos de ferritas, normales e invertidas. En el primer caso, 2+ ocupan los sitios A mientras que iones 3+ ocupan los sitios B. En el caso de las ferritas invertidas, los sitios A están poblados por iones 3+ y los sitios B son ocupados por iones 3+ y 2+ en la misma proporción, existiendo también casos intermedios (inversión parcial).

La ferrita de Fe, la magnetita  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , grupo espacial Fd-3m, es un material magnético con muchas aplicaciones tecnológicas (memoria de computadora, discos para almacenamiento magnético, dispositivos espintrónicos) ha sido ampliamente estudiada durante el último medio siglo. Sin embargo, la cuestión del orden de carga por debajo de la llamada temperatura de transición de Verwey ( $T_v$ , del orden de 120 K) no ha sido aun completamente comprendida. Por encima de  $T_v$  la magnetita presenta un comportamiento tipo half-metallic. Por debajo de  $T_v$ , la conductividad del sistema disminuye abruptamente y se reporta un carácter. Esta transición metal-aislante de primer orden está asociada con una reducción de la simetría de la magnetita de la estructura cúbica Fd-3m a una estructura monoclinica Cc. Más

precisamente, la transición se ha visto como una transición orden-desorden en relación con la disposición de los cationes en los sitios octaédricos de la estructura de la espinela invertida, cuya fórmula química formal se puede escribir como  $[\text{Fe}^{3+}]_A[\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}]_B\text{O}_4$  donde A y B se refieren a los sitios tetraédricos y octaédricos, respectivamente. En esta imagen, la subred A está ocupada por iones  $\text{Fe}^{3+}$ . Entonces la subred B exhibe un carácter de valencia mixta, con los átomos de Fe en la subred B alineados ferromagnéticamente entre sí, mientras los  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$  en la subred B se alinean antiferromagnéticamente al orden ferromagnético en la subred A.

En este trabajo presentamos cálculos de primeros principios basados en la teoría de la funcional densidad (DFT) para determinar las propiedades electrónicas, magnéticas e hiperfinas del  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Los cálculos se realizaron mediante el método Full Potential Linearized Augmented Plane-Wave (FP-LAPW). El término de correlación e intercambio se consideró empleando el modelo GGA+U, el potencial de Becke-Johnson modificado por Tran y Blaha (TB-mBJ) y funcionales híbridas, en este caso la propuesta por Heyd-Scuseria-Ernserhof (HSE06), actualmente reconocida como una de las funcionales híbridas más precisas para el estudio de sistemas semiconductores. Mostraremos aquí que incluso en la estructura cúbica, la reducción de la simetría del sistema genera la transición half-metalic-aislante y que la subred B se divide en dos grupos cristalográficamente equivalentes caracterizados por estados de oxidación del Fe de 2+ y 3+, momentos magnéticos ligeramente diferentes y diferentes parámetros hiperfinos. Estos resultados están en excelente acuerdo con los obtenidos mediante espectroscopía Mössbauer y confirman resultados reportados en la literatura (PRB 96, 195124, 2017), pero ahora en el marco de cálculos extremadamente bien convergidos y considerando potenciales de correlación e intercambio muy precisos.

## MC-123 Un modelo teórico para las propiedades magnéticas de los compuestos $\text{K}_2\text{Cu}_5(\text{TeO}_3)(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_4$ y $\text{Na}_2\text{Cu}_5(\text{TeO}_3)(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_4$

Bartolomé I<sup>1</sup>, Errico L<sup>1, 2</sup>, Fernández V<sup>1</sup>, Matera M<sup>1</sup>, Gil Rebaza A V<sup>1</sup>, Lamas C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física Instituto de Física de La Plata (IFLP, CCT La Plata, CONICET-UNLP), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, CC 67, 1900 La Plata, Argentina

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Noroeste de la Pcia. de Buenos Aires (UNNOBA), Monteagudo 2772, (2700) Pergamino, Argentina

Recientemente, dos nuevos sulfatos de telurio,  $\text{K}_2\text{Cu}_5(\text{TeO}_3)(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_4$  y  $\text{Na}_2\text{Cu}_5(\text{TeO}_3)(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_4$  (etiquetados como Na-TS y K-TS) han sido sintetizados y caracterizados tanto desde el punto de vista estructural como magnético [1]. Ambos compuestos cristalizan en una estructura monoclinica (grupo espacial P21/m). Lo interesante de estos compuestos es que su comportamiento magnético se asocia a un electrón desapareado de cada ion  $\text{Cu}^{2+}$ , que forman una subred tipo 1D Kagomé-strip, geometría que puede considerarse como la reducción a una dimensión de la red bidimensional de Kagomé.

Basados en los resultados experimentales, presentamos aquí un modelo magnético que considera cinco constantes de acoplamiento entre iones Cu, las cuales fueron determinadas a

partir de cálculos de primeros principios basados en la Teoría de la Funcional Densidad (DFT) y un Hamiltoniano de espín modelo (Heisenberg). El modelo obtenido se estudió mediante métodos numéricos, determinándose la curva de magnetización a 0 K mediante Density Matrix Renormalization Group (DMRG) y propiedades termodinámicas mediante diagonalización exacta.

Nuestros cálculos DFT, usando la aproximación GGA+U para el término de correlación e intercambio, predicen correctamente la estructura de ambos compuestos, la cual es prácticamente independiente de la configuración de espín. Basados en el modelo de Heisenberg y las energías determinadas para diferentes configuraciones magnéticas hemos obtenido las cinco principales constantes de acoplamiento magnético del Na-TS y el K-TS, y a partir de ellas la temperatura de Curie-Weiss de ambos sistemas, las cuales resultan prácticamente independientes del parámetro U y están en excelente acuerdo con los resultados experimentales [1]. Ambos sistemas presentan una mezcla de acoplamientos ferromagnéticos y antiferromagnéticos, resultado en excelente acuerdo con la regla de Goodenough-Kanamori-Anderson. Los modelos numéricos predicen que a  $T = 0$  K existen dos plateaux en la curva de magnetización.

[1] Y. Tang, W. Guo, H. Xiang, S. Zhang, M. Yang, M. Cui, N. Wang, and Z. He, *Inorg. Chem* 55, 39 (2016)

## MC-124 Vórtices ultrarrápidos en nanoalambres de $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

Díaz L E<sup>1</sup>, Hofer J A<sup>1</sup>, Sirena M<sup>1 2</sup>, Baruj A<sup>1 2</sup>, Haberkorn N<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo y Comisión Nacional de Energía Atómica, Av. Bustillo 9500, 8400 San Carlos de Bariloche, Argentina

<sup>2</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500, 8400 San Carlos de Bariloche, Argentina

Resumen: La inestabilidad de Larkin-Ovchinnikov es un fenómeno que se observa en curvas corriente-voltaje de sistemas superconductores y se manifiesta como un salto abrupto hacia el estado normal durante la disipación [1]. Este fenómeno es de relevancia por dos razones. La primera es que el voltaje al cual ocurre la inestabilidad está relacionado con la máxima velocidad que pueden alcanzar los vórtices en movimiento [2]. La segunda es porque su análisis en función de un campo magnético aplicado permite determinar el tiempo de recombinación de electrones normales en pares de Cooper. Este parámetro es de relevancia tecnológica, ya que determina el tiempo de resolución máxima de un material superconductor cuando es utilizado en detectores de fotones únicos [3]. Mientras muchos trabajos han sido orientados al estudio de superconductores amorfos y basados en nitruros, muy pocos se enfocaron en superconductores de alta temperatura crítica tales como cupratos [4]. A diferencia de los primeros, estos últimos podrían ofrecer ventajas operativas tanto respecto al tiempo de respuesta como a la temperatura de operación de los dispositivos.

En este trabajo se fabricaron micro y nanoalambres de  $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  mediante confinamiento geométrico de láminas delgadas obtenidas por pulverización catódica. Mediante el

análisis de curvas corriente-voltaje en función de campo magnético se analizó la presencia y las características de la inestabilidad de Larkin-Ovchinnikov. Los resultados son analizados considerando las propiedades intrínsecas del superconductor y la geometría de los alambres.

- [1] A Larkin and Y Ovchinnikov, Sov. Phys. JETP 41 (1975) 960  
 [2] OV Dobrovolskiy et al, Nat. Commun. 11 (2020) 3291  
 [3] CM Natarajan et al, Supercond. Sci. Technol. 25 (2012) 063001  
 [4] V Ruoco et al, Materials 11 (2018) 211

## MC-125 Dopaje de $\text{MgB}_2$ con C y nano SiC en síntesis de un paso: microestructura y propiedades superconductoras

Melone M<sup>1, 2</sup>, Trohiani H<sup>1</sup>, Oliber E<sup>3</sup>, Leiva S<sup>3</sup>, Serquis A<sup>1</sup>, Malachevsky M T<sup>4, 5</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Caracterización de Materiales, Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET), Centro Atómico Bariloche, Av. Bustillo 9500, Bariloche, Rio Negro, 8400, Argentina

<sup>2</sup> Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> Nuevos Materiales y Dispositivos, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>4</sup> Grupo Física de Metales, Gerencia Física, Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Bariloche

<sup>5</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo - Comisión Nacional de Energía Atómica

Desde su descubrimiento, el  $\text{MgB}_2$  se presenta como un candidato para reemplazar a los superconductores convencionales en varias aplicaciones como SMES y Resonadores Magnéticos. Esta posibilidad se basa en su temperatura crítica ( $T_c$ ), su bajo costo y la posibilidad de formar cables por el método Powder In Tube (PIT). Varias investigaciones se han llevado a cabo para optimizar el material y la conformación del cable [1]. Se determinó que las propiedades superconductoras pueden mejorarse induciendo cambios en la microestructura con diferentes métodos de síntesis [2], y/o en la estructura cristalina, mediante dopaje [3]. En este trabajo, se sintetizaron y caracterizaron diferentes muestras con el fin de mejorar el material y las propiedades superconductoras de los cables sin aumentar el costo.

Las muestras de  $\text{Mg}(\text{B}_{1-x}\text{C}_x)_2$  se prepararon a partir de polvos de Mg y nano B dopados con C, con y sin la adición de nano-SiC. Los compuestos se mezclaron en un molino de bolas de ágata dentro de una caja de guantes con atmósfera de  $\text{N}_2$ . Luego, se compactaron en pastillas y se sintetizaron en un horno tubular con atmósfera circulante de Ar. Las muestras fueron tratadas térmicamente a dos temperaturas, 700 °C y 900 °C, durante diferentes periodos. Las muestras se caracterizaron por difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de transmisión (TEM) y magnetometría SQUID. Los datos XRD se refinaron por el método de Rietveld con FullProf [4]. Finalmente, se realizó un análisis térmico simultáneo (STA), que permite realizar un análisis térmico diferencial (DTA) y un análisis termogravimétrico (TG); sobre distintas composiciones iniciales.

Con estas técnicas se pudo determinar los parámetros de la red, los porcentajes de fase exis-

tentes, los tamaños de grano, las tensiones residuales, la  $T_c$ , la densidad de corriente crítica y la correspondencia de los mismos con las composiciones iniciales, tiempo y temperatura de tratamiento. El análisis de estos datos en conjunto permite una mejor comprensión de los parámetros de síntesis y el efecto del dopaje en la formación de fase. Se logró, de este modo, mejorar las propiedades superconductoras del material, llegando a obtener valores del orden de  $\sim 10^5$  A/cm<sup>2</sup> de densidad de corriente crítica para algunas rutas de síntesis.

[1] Buzea, C. Yamashita, T., (2001). *supercond. ciencia Tecnología*, vol. 14, núm. 11, pág. R115, 2001.

Silva, L. B. S. Da, Serquis, A., Hellstrom, E. E., Rodrigues, D. (2020). *Ciencia y tecnología de superconductores*, 33(4), 45013.

Serrano, G., Serquis, A., Dou, S. X., Soltanian, S., Civale, L., Maiorov, B., Holesinger, T. G., Balakirev, F., Jaime, M.(2008). *Aplicación J. Phys.*, vol. 103, núm. 2, págs. 1 a 5, 2008.

J. Rodríguez-Carvajal (1990). *Resúmenes de la Reunión Satélite sobre Difracción de Polvos del XV Congreso de la IUCr*, p. 127.

# MECÁNICA ESTADÍSTICA, FÍSICA NO LINEAL Y SISTEMAS COMPLEJOS

Charlas

Martes 27 de septiembre

14:00-14:20

Aula Falicov

## Aislamiento social en modelos epidemiológicos de campo medio de poblaciones heterogéneas

Rozan E<sup>1</sup>, Bouzat S<sup>1</sup>, Kuperman M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CAB, Instituto Balseiro, CNEA, Universidad Nacional de Cuyo

El modelado matemático de propagaciones de epidemias tiene una historia de más de 250 años. En la actualidad, los modelos más preponderantes para el estudio de las epidemias se dividen en dos grandes grupos.

En primer lugar, los modelos compartimentales de campo medio, en los que los individuos se separan en compartimentos según su estadio epidemiológico (si son susceptibles a ser infectados, si están infectados y pueden contagiar a otros, etc.). Se suele considerar que la población es homogénea, y que el contagio de un individuo infeccioso a uno susceptible se da con una determinada tasa efectiva de contagio. En los últimos años, a raíz de la pandemia de COVID-19, se realizaron distintos estudios del impacto de medidas como aislamientos sociales y cuarentenas de manera indirecta, reduciendo arbitrariamente esta tasa de contagio.

En segundo lugar, los modelos microscópicos basados en redes complejas, en los que los individuos son representados como nodos de una red, y los individuos infecciosos tienen una probabilidad de contagiar a sus vecinos susceptibles. De esta manera, la estructura social está representada por la forma en la que los nodos se conectan entre sí.

En esta investigación trabajamos con un modelo de campo medio en poblaciones heterogéneas en el cual se tiene en cuenta la distribución de grado de los individuos, que fue desarrollado originalmente por Moreno, Pastor-Satorras y Vespignani [1]. Como la acción de una medida de aislamiento se ve reflejada en el número de contactos diarios que tienen los individuos, cambiar la distribución de grado es una manera directa de tomar en cuenta este tipo de medidas en los modelos epidemiológicos.

Analizamos distintos observables como la cantidad total de infectados y el pico máximo de infectados contemporáneos que se obtienen considerando distintos tipos de aislamientos. De esta manera, podemos evaluar la "efectividad" de las medidas de distanciamiento en

función de la restrictividad de los mismos. Una de las conclusiones preliminares es que los aislamientos más restrictivos para la población no siempre repercuten en mejores resultados epidemiológicos.

## Referencias

[1] Y. Moreno, R. Pastor-Satorras y A. Vespignani, "Epidemic Outbreaks in complex heterogeneous networks". Eur. Phys. J. B 26,521?529 (2002).

**Contacto:** Eric Rozan, ear.sigma@gmail.com **Código Identificador:** 8671

14:20-14:40

Aula Falicov

## El Consumo de Noticias en Twitter revela una Fragmentación Mediática y una Polarización Persistente

Cicchini T<sup>1, 2</sup>, del Pozo S M<sup>3</sup>, Tagliazucchi E<sup>3, 4</sup>, Balenzuela P<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Instituto de Cálculo, FCEN, CONICET-UBA

<sup>3</sup> Instituto de Física de Buenos Aires y Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

<sup>4</sup> BrainLat, Universidad Adolfo Ibáñez, Santiago, Chile.

El consumo de noticias en redes sociales revela cómo fluye la información entre usuarios. Este proceso, moldeado por las preferencias de los usuarios y por los lazos sociales, juega un rol preponderante en la formación de la opinión pública. Nuestro objetivo fue comprender el rol de la polarización política en la emergencia de grupos afines con respecto a las noticias que consumen. Comparamos resultados entre años con y sin elecciones presidenciales, y también entre grupos de usuarios políticamente activos y otros que no, conjunto utilizado después como grupo control. El comportamiento de los usuarios genera comunidades bien definidas de noticias, asociadas con distribuciones de medios únicas. En particular, esta estructura de comunidades da cuenta de la preponderancia de la polarización política en Argentina. Además, encontramos que los usuarios forman dos grupos bien definidos a través de los medios que consumen, los cuales a su vez presentan sesgos asociados a las dos coaliciones políticas dominantes de Argentina. Finalmente, nuestros resultados identifican de forma consistente la polarización ideológica en Argentina como una de las fuerzas motoras del consumo de noticias en Twitter.

**Contacto:** Sofía Morena del Pozo, sofiamorenadelpozo@gmail.com **Código Identificador:** 9009

14:40-15:00

Aula Falicov

## Influencia de la estructura de contactos en las transacciones económicas

Cuevas S<sup>1,2</sup>, Neñer J<sup>1,2</sup>, Laguna M F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Física Estadística e Interdisciplinaria, Centro Atómico Bariloche - CONICET,

<sup>2</sup> Instituto Balseiro - CNEA

Se estudió el conocido modelo de intercambio de riqueza entre agentes económicos Yard-Sale tomando los agentes como nodos de una red libre de escala. Se restringieron los intercambios a los nodos conectados por esta estructura, teniendo como objetivo probar un enfoque de interacciones más realista y estudiar la influencia del número de conexiones en el éxito económico de los agentes. Evolucionando sistemas definidos con esos modelos y tomando indicadores económicos típicos como el coeficiente de Gini y la Liquidez, se compararon las características obtenidas con el modelo Yard-Sale en el esquema de campo medio, donde no hay restricciones para la interacción entre agentes. Se encontraron similitudes, como las curvas de distribución de la riqueza, que reflejan el comportamiento de la clase media y baja en las economías reales. También se observó que comparten las condiciones en las cuáles los sistemas presentan economías estables, en las que los agentes se mantienen intercambiando riqueza continuamente fluctuando en torno a un valor de desigualdad definido, o economías inestables, en las que toda la riqueza es condensada y se congela la dinámica de intercambios. Como una de las diferencias se observó la pérdida de ergodicidad al medir la desigualdad final de los sistemas, incluso al realizar repeticiones con idénticas condiciones iniciales. Además se obtuvo un rango diferente de valores de desigualdad, más cercano a los valores de países reales. Se estudiaron las características del equilibrio estático de las economías inestables, por ser más diversas que en el esquema de campo medio, en el que un solo agente acumula toda la riqueza del sistema. Se calculó de dos maneras independientes la probabilidad de que un agente se vuelva el más rico del sistema al terminar la dinámica, en función la cantidad de conexiones que posee.

**Contacto:** Santiago Cuevas, santiago.cuevas@ib.edu.ar **Código Identificador:** 9197

15:00-15:20

Aula Falicov

## Identificando los actores más relevantes de una disputa: el caso del club de karate de Zachary

Salgado A<sup>1</sup>, Balenzuela P<sup>2</sup>, Caridi I<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Cálculo, FCEN, CONICET-UBA

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

La red del Club de Karate estudiada por Zachary es un ejemplo clásico de formación de grupos en redes complejas [1]. En ella, los nodos representan a los 34 miembros de las clases

de karate dictadas en el club. Zachary conectó dos miembros si estos realizaban actividades en común fuera de las clases. El instructor ( $A_1$ ) y el presidente del club ( $A_{34}$ ) tuvieron un conflicto que derivó en la separación de  $A_1$  del club. La disputa duró lo suficiente como para que cada miembro definiera una postura al respecto, ya sea a favor de  $A_1$  (facción  $F_1$ ) o de  $A_{34}$  (facción  $F_{34}$ ). Zachary estudió la evolución del conflicto y exploró la posibilidad de predecir la facción de cada actor en términos de la estructura de la red, encontrando que las facciones reales se corresponden con aquellas que minimizan la cantidad de conexiones entre miembros de distinta facción.

En este trabajo, proponemos revisar la disputa ocurrida en el Club de Karate desde una perspectiva de modelos gráficos [2]. Construimos un modelo probabilístico basado en la red en el cual cada miembro puede alinearse con cualquiera de las facciones, y que captura la tendencia de actores conectados a alinearse en la misma facción. Para inferir la división en facciones, condicionamos el modelo probabilístico en las alineaciones de  $A_1$  con la facción  $F_1$  y de  $A_{34}$  con la facción  $F_{34}$ . El modelo condicionado es equivalente a un modelo de Ising con un campo externo aplicado sobre los vecinos de  $A_1$  y  $A_{34}$ , que representa su influencia directa sobre la red [3]. Encontramos que la mínima energía del sistema (es decir, la máxima probabilidad) se alcanza en tres estados, entre los cuales se encuentra el real, observado por Zachary.

Dando un paso más allá, nos preguntamos por el resultado de otros posibles conflictos iniciados por un par de miembros del club. Para responder esto, consideramos cada par  $A_i$  y  $A_j$  y condicionamos la distribución de probabilidad del estado del sistema en la oposición de  $A_i$  y  $A_j$ . Caracterizamos el resultado de cada disputa en términos de la energía mínima alcanzada, la entropía de la distribución condicionada, y el tamaño de la facción mayoritaria. Para cada actor  $A_i$ , calculamos el impacto promedio que implicaría su oposición con otro actor iniciador de un conflicto. Este impacto representa el número promedio de conexiones entre miembros de distinta facción al oponerlo a otro actor. Encontramos que para miembros de grado bajo el impacto es proporcional a su grado, mientras que para miembros de grado alto es proporcional al grado medio del resto de los miembros de la red. Por otro lado, observamos que en una disputa cualquiera, el miembro con grado más alto impone su facción en la red, a menos que exista una separación entre los miembros que inician la disputa (el corte mínimo entre estos) más chica que el grado de ambos. Al considerar la entropía de la distribución condicionada, encontramos que el tamaño de la facción mayoritaria es decreciente con ella. Es decir, mientras más incierto es el resultado de la disputa, menor es el tamaño de la facción mayoritaria.

Por último, con base en el análisis de las posibles disputas, nos preguntamos: dadas las facciones observadas por Zachary, ¿cuáles son los actores más plausibles de haber iniciado la disputa? Para responder esto, construimos un modelo generativo sencillo de disputas. En este, se eligen dos miembros y se les asignan facciones opuestas. Luego se asignan facciones al resto de los miembros con base en estos dos. Partiendo de la equiprobabilidad entre todas las oposiciones (todos los posibles pares de actores iniciadores), y condicionando en las facciones observadas por Zachary, calculamos la probabilidad a posteriori de cada oposición. Encontramos que si bien  $A_1$  y  $A_{34}$  se encuentran entre los más probables, existen otras combinaciones con alta probabilidad. Esto propone una metodología para la identificación de los actores centrales en una división de facciones.

- [1] Zachary WW. An information flow model for conflict and fission in small groups. *Journal of anthropological research*. 1977;33(4):452-73.
- [2] Koller, D. and Friedman, N., *Probabilistic graphical models: principles and techniques*. MIT press. 2009.
- [3] Nattermann T. Theory of the random field Ising model. In *Spin glasses and random fields* 1998 (pp. 277-298).

**Contacto:** Ariel Salgado, arielolafsalgado@gmail.com **Código Identificador:** 9186

15:20-15:40

Aula Falicov

## Hacia un modelo de caídas por tropiezo: el encierro de Pamplona

Cornes F<sup>1</sup>, Frank G<sup>2</sup>, Dorso C<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Unidad de Investigación y Desarrollo de las Ingenierías, UTN-FR Buenos Aires.*

<sup>3</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires*

La dinámica descontrolada de una multitud causa estampidas, empujones y, eventualmente, catástrofes [1]. Generalmente, dicho descontrol es causado por situaciones impredecibles, como por ejemplo, un atentado y/ó una falsa alarma [2]. Sin embargo, anualmente existe un evento donde las personas participan de un escape masivo de diversas fuentes de peligro. Este es el caso del Encierro anual de San Fermín, en Pamplona (España). En dicho evento, las personas huyen de los toros a lo largo de un intrincado camino hasta llegar a la Plaza de Toros. Este escape se lleva a cabo en un escenario de alta ansiedad, por lo cual, las personas adoptan, en su mayoría, un comportamiento individualista. Los registros filmicos del encierro del año 2013 muestran diversos incidentes ocurridos durante el escape. El más relevante fue el bloqueo total frente a la entrada a la Plaza de Toros producto de una caída (por tropiezo) masiva. El análisis de los incidentes permite hacer una primera aproximación hacia un modelo de tropiezos. Dicho análisis revela que los tropiezos son producto de un efecto combinado del gradiente de densidad local alrededor del individuo y de su velocidad. Aún más, se observa que dicho producto se maximiza en instantes previos a cada una de las caídas por tropiezo. Además, se ha observado que la dinámica posterior a la primera caída está relacionada con la densidad local: en ambientes muy densos, la primera caída provoca un "efecto cascada" hacia nuevas caídas, no así en ambientes poco densos ya que las personas caídas logran levantarse a tiempo, evitando que otros se tropiecen.

- [1] F. Cornes, G. Frank, C. Dorso, High pressures in room evacuation processes and a first approach to the dynamics around unconscious pedestrians, *Physica A* 484 (2017) 282-298.

[2] F. Cornes, G. Frank, C. Dorso, Fear propagation and the evacuation dynamics, Simulation Modelling Practice and Theory 95, 112-133 (2019)

[3] D. Helbing, I. Farkas, T. Vicsek, Simulating dynamical features of escape panic, Nature 407 (2000) 487-490.

[4] F. Cornes, G. Frank, C. Dorso, Microscopic dynamics of the evacuation phenomena in the context of the social force model, Physica A 568 (2021) 125744.

**Contacto:** Fernando Cornes, fercornes@gmail.com **Código Identificador:** 8888

## Miércoles 28 de septiembre

14:00-14:20

Aula Falicov

# Caracterización del movimiento e interacciones de tortugas terrestres en una población vulnerable de Argentina.

Madile Hjelt M<sup>1 2</sup>, Laneri K<sup>3 2</sup>, Kazimierski L D<sup>3 2</sup>, Echave M E<sup>4</sup>, Catalano N<sup>1 2</sup>, Abramson G<sup>1 3 2</sup>, Kubisch E<sup>3 5</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> CONICET

<sup>4</sup> San Antonio Oeste, Río Negro, Argentina.

<sup>5</sup> Centro Regional Universitario Bariloche - Universidad Nacional del Comahue

La tortuga terrestre *Chelonoidis chilensis*, sobre la cual se conoce muy poco, es la especie nativa de reptiles más traficada ilegalmente en el mercado de mascotas de Argentina y su población se encuentra principalmente amenazada por la expansión de la frontera agropecuaria, estando categorizada como vulnerable a nivel nacional e internacional por la *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). La frontera sur de su distribución geográfica se extiende hasta las cercanías de San Antonio Oeste, provincia de Río Negro. Allí monitoreamos el movimiento de *Chelonoidis chilensis* en 21 tortugas con una suma de 69 trayectorias, registradas en 31 días durante cuatro campañas, usando dos técnicas: radiotelemetría y una unidad de navegación autónoma con GPS. Se implementó un método para el filtrado e interpolado de las trayectorias, a partir de las cuales se calcularon las distancias recorridas y el desplazamiento cuadrático medio para ambos sexos. Este último resultó mayor para el caso de los machos. Esto indica que las formas de las trayectorias difieren entre ambos sexos, siendo más cerradas en el caso de las hembras y más extendidas en el espacio para el caso de los machos. Para la distribución de tamaño de paso de ambos sexos, se obtuvo un comportamiento tipo ley de potencia truncada a un tamaño de paso característico. Se calculó además la cantidad de encuentros promedio y se encontró un pico de encuentros macho-hembra en los meses de noviembre-diciembre, coincidiendo con el período de apareamiento. Finalmente se estimaron las zonas más visitadas por las tortugas, lo que podría ayudar a diseñar estrategias de conservación para la especie.

Contacto: Marco Madile Hjelt, marcomadilemm@gmail.com Código Identificador: 8999

14:20-14:40

Aula Falicov

## Desarrollo de un algoritmo de categorización de patrones comportamentales de peces cebra en respuesta a estímulos de peligro

Agulló V<sup>1, 2</sup>, Martorell N<sup>2</sup>, Medan V<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Instituto de Fisiología Biología Molecular y Neurociencias, CONICET-UBA*

Nuestro comportamiento determina cómo interactuamos con el ambiente. Específicamente, la evaluación sobre la peligrosidad de un evento externo determina la decisión de ejecutar una respuesta evasiva (escape). Sin embargo, nuestro conocimiento de cómo el cerebro procesa información sensorial organiza el comportamiento y tomar decisiones adaptativas es aún rudimentario. Los peces cebra (*Danio rerio*) son una especie ideal para el estudio de las bases neurobiológicas de comportamientos evasivos debido a que presentan un repertorio variado de conductas de alarma y escape que pueden ser estudiadas en el laboratorio. Sin embargo, la clasificación directa por un observador puede ser afectada por sesgos subjetivos o atencionales y puede variar entre observadores o en relación al grado de experiencia de un observador (además de ser lenta y tediosa). Es por ello que contar con algoritmos de análisis cuantitativos reviste gran importancia, especialmente cuando es necesario el análisis de grandes volúmenes de datos.

En este trabajo, registramos en video las respuestas de larvas de peces cebra frente a distintos estímulos visuales y auditivos presentados en forma separada o en conjunto. Esta batería de estímulos desencadenó distintas respuestas de alarma y escape en relación al grado de peligrosidad percibido por el animal. Para analizar estos datos desarrollamos un algoritmo de determinación de la posición del animal (tracking) basado en la librería OpenCV para python seguido de análisis computacional que permite extraer diferentes parámetros cuantitativos de la trayectoria. El primer objetivo de este análisis fue encontrar las variables relevantes para realizar una categorización automática de patrones comportamentales de escape.

Entre las respuestas evasivas más conspicuas que presentan los peces se destacan las respuestas de escape tipo C-start. Este tipo de comportamiento de escape, extremadamente rápido, consiste en la contracción de la musculatura del tronco y cola de uno de los lados del pez (de manera que asume la forma de letra C) seguida por la contracción de la musculatura del lado opuesto y propulsión a gran velocidad alejando al animal de la fuente de peligro. Inicialmente centramos la estrategia de análisis en las respuestas tipo C-start, que son las más rápidas. Para ello se segmentó la actividad locomotora completa de cada pez en eventos discretos. Para la definición de los eventos se tomaron umbrales en el espacio de fases de la velocidad lineal y la velocidad angular. Esto permitió separar todos los eventos lentos (como los episodios de natación normal) de los rápidos (que incluyen los escapes). Luego

se compararon parámetros como las velocidades y aceleraciones máximas, el máximo ángulo de torsión, etc. entre un subset de eventos categorizados por un observador como C-start ( $n=167$ ) y la totalidad de los eventos ( $n=588$ ). Esto permitió determinar que existían un número considerable de eventos compatibles con escapes rápidos que no habían sido reportados como tales durante la observación directa. Además el análisis reveló que no es suficiente considerar la máxima velocidad de los eventos para poder etiquetarlos como C-starts, hace falta incorporar más variables cinéticas al modelo. Finalmente, se analizó la distribución de los eventos rápidos en función de los diferentes estímulos auditivos y visuales presentados. Los resultados preliminares muestran que 1) es posible realizar una clasificación automática de eventos de escape rápidos en base a un número bajo de variables cinéticas, 2) las velocidades máximas para los escapes evocados por estímulos auditivos son mayores que las evocadas por estímulos visuales, 3) las respuestas evocadas por estímulos audiovisuales presentan una distribución bimodal y 4) que existe una variabilidad sustancial en las respuestas rápidas que requiere de parámetros adicionales para subdividirse.

**Contacto:** Valentin Agullo, valentin\_a\_98@hotmail.com **Código Identificador:** 8788

14:40-15:00

Aula Falicov

## Cuantificando la memoria molecular en redes biológicas

Sevlever F<sup>1 2 3</sup>, Ventura A<sup>1 3</sup>, Waisman A<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Fisiología Biología Molecular y Neurociencias, CONICET-UBA*

<sup>2</sup> *Fundación para la Lucha contra las Enfermedades Neurológicas de la Infancia*

<sup>3</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

Las vías de señalización celular son redes de interacciones químicas de biomoléculas y compuestos dentro de una célula. Cumplen la función de sensar señales químicas del medio celular y desencadenar una respuesta apropiada. Las respuestas son diversas y pueden ser la síntesis de nuevas proteínas, la degradación de otras, la apertura o cierre de canales iónicos, la diferenciación celular, la muerte celular, etc. Existen ciertas vías con la capacidad de recordar estímulos pasados para responder de manera dependiente a un estímulo posterior. La memoria, en general, puede definirse como la persistencia de alguna respuesta posterior al cese de un estímulo. En este marco, el soporte físico de la memoria se encuentra en la persistencia de actividad de las biomoléculas de la vía. Esta persistencia es la que puede generar una respuesta diferente a la que hubiera tenido frente a un segundo estímulo, dado que el sistema se encuentra en otro estado o "posición inicial" porque recuerda.<sup>el primer estímulo</sup>. Una medida observable de la memoria molecular de una vía puede definirse como la diferencia en las respuestas de la misma frente a un segundo estímulo, habiendo recibido y no un primer estímulo. Este observable tiene la ventaja de ser cuantificable aun ignorando el estado completo de la red. Nuestro trabajo se centra en la definición matemática de la memoria molecular siguiendo esta idea y en su aplicación en las vías de señalización que gatillan la diferenciación o especialización de células madre de embrión de ratón.

**Contacto:** Federico Sevlever, fedesevle@gmail.com **Código Identificador:** 8563

15:00-15:20

Aula Falicov

## Identificación de células pluripotentes a partir de datos de expresión génica de células únicas usando redes de interacción de proteínas

Senra D<sup>1</sup>, Guisoni N<sup>1</sup>, Diambra L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Centro Regional de Estudios Genómicos, FCE, UNLP*

Un estado celular puede ser establecido según la variedad y cantidad de las proteínas presentes en la célula. Éstas, a su vez, están determinadas por los niveles de actividad de los genes asociados a cada proteína, es decir, por su transcriptoma. La tecnología actual permite acceder a esta información en células individuales mediante la secuenciación de su ARN, lo que equivale a generar datos para decenas de miles de genes en decenas de miles e incluso millones de células, configurando un problema típico de big-data. Esta técnica está siendo ampliamente utilizada para definir estados celulares conocidos y determinar nuevos tipos celulares. También ofrece una capacidad prometedora para explicar los procesos de desarrollo. En este sentido, la cuantificación de la pluripotencia es relevante para comprender los procesos de diferenciación, los linajes celulares y la jerarquía de linajes. Esta herramienta también es aplicada en la investigación del cáncer, por ejemplo, para identificar las células madre cancerosas, que se han sugerido como responsables de la metástasis, remisión y resistencia a las terapias.

Los datos de transcriptoma de célula única (scRNA-seq) permiten el ordenamiento pseudotemporal de las células individuales a lo largo de una trayectoria de diferenciación. Esta inferencia de trayectorias involucra el uso de un conjunto de técnicas computacionales para el tratamiento de datos multidimensionales. Previo a la inferencia de trayectorias, muchas veces es necesario determinar el origen de las trayectorias, es decir, las células madre o progenitoras. En este trabajo, proponemos una herramienta para cuantificar la pluripotencia a partir de datos de scRNA-seq. Nuestro enfoque utiliza la red de interacción proteína-proteína asociada con el proceso de diferenciación y la matriz de expresión génica para calcular un índice que llamamos 'actividad de diferenciación'. Esta medida refleja qué tan activa es la red de diferenciación para cada célula. Comparamos el rendimiento de nuestro algoritmo con dos herramientas publicadas anteriormente, para cuatro conjuntos de datos de scRNA-seq: mama, colon, médula ósea y pulmón. Los métodos son comparados en términos de eficiencia, requerimiento de memoria RAM, interpretabilidad biológica, entre otros. Finalmente realizamos un flujo de trabajo completo desde la matriz de cuentas crudas hasta la inferencia de trayectoria utilizando el conjunto de datos de mama.

**Contacto:** Daniela Senra, danielasenraoka@gmail.com **Código Identificador:** 8798

**Jueves 29 de septiembre**

14:00-14:20

Aula Falicov

## Modelos estadísticos de evolución molecular por duplicación

Galpern E A<sup>1 2</sup>, Marchi J<sup>3</sup>, Ferreiro D U<sup>1 2</sup>, Walczak A<sup>3</sup>, Mora T<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

<sup>2</sup> Departamento de Química Biológica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

<sup>3</sup> Laboratoire de physique theorique, CNRS and Ecole normale superieure

Las secuencias de las proteínas naturales contienen un registro de su propia historia. No todas las mutaciones puntuales son igualmente probables, sino que están restringidas por la capacidad de cada cadena de plegarse a estructuras tridimensionales específicas y realizar funciones biológicas. Utilizando un modelo de Potts inverso, es posible extraer de un alineamiento de secuencias naturales de una familia información sobre la estructura y la estabilidad de plegado, así como generar secuencias sintéticas. Sin embargo, la evolución molecular no puede explicarse solamente a partir de mutaciones puntuales y existe evidencia de duplicaciones y eliminaciones de tramos largos de secuencia. Aquí, exploramos la incorporación de estos mecanismos a un modelo estadístico que dé cuenta de la evolución de una familia de proteínas del tipo repetitivo, un sistema donde es evidente el rastro de sucesivas duplicaciones y eliminaciones. Estas secuencias están formadas por una serie de repeticiones, o copias inexactas de un mismo patrón de 33 aminoácidos con una estructura tridimensional conservada, formando arreglos de distinto largo. Modelamos los cambios de largo de los arreglos utilizando una cadena de Markov, y ajustamos las tasas de duplicación y eliminación para reproducir las propiedades de las secuencias naturales mediante simulaciones de Monte-Carlo. Observamos que el modelo más simple, con duplicaciones y eliminaciones en equilibrio no logra reproducir los patrones de correlación entre las repeticiones de los arreglos naturales. Analizamos una familia de modelos de complejidad creciente, incluyendo un modelo con ráfagas de duplicaciones fuera del equilibrio. Para este último caso, mostramos que es posible ajustar los parámetros libres mediante un descenso por gradiente y reproducir las correlaciones encontradas en las proteínas naturales.

**Contacto:** Ezequiel galpern, eagalpern@gmail.com **Código Identificador:** 8678

14:20-14:40

Aula Falicov

## Esferas duras y mas allá

Urrutia I<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada, CAC, CNEA-CONICET

El modelo de Hard Spheres es una piedra basal para la comprensión de los líquidos-fluidos. Haré aquí una breve reseña sobre el porqué del lugar que ocupa el fluido de esferas duras: su relevancia como modelo mínimo con transición de fase, su estudio per se y como punto de partida para estudiar fluidos mas complejos. Dada su relevancia y aparente simplicidad, existe un continuo esfuerzo por mejorar su comprensión, no solo en dimensiones  $d=3$  y  $d=2$ ,

sino también en d-dimensiones. Comentaré resultados recientes sobre su ecuación de estado (a baja densidad), concentrándome en el cálculo exacto de sus coeficientes.

**Contacto:** Ignacio Urrutia, iurrutia@cnea.gov.ar **Código Identificador:** 9058

14:40-15:00

Aula Falicov

## Estados colectivos con vorticidad en el modelo ISM

Costa A<sup>1</sup>, Grigera T S<sup>1</sup>, Sturla M B<sup>1</sup>, Rubio Puzzo M L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos, CONICET-UNLP*

En distintos sistemas biológicos se ha documentado la aparición de comportamientos colectivos con *vorticidad*. Estos son estados en los que un conjunto de individuos realizan un movimiento radial fuertemente correlacionado alrededor de un punto en común[1]. Si bien estos comportamientos colectivos ocurren en un gran número de especies, sus propiedades no se encuentran bien estudiadas. En este trabajo estudiamos la aparición y posible estabilidad de este tipo de estados en el llamado *Inertial Spin Model* (ISM)[2], así como también su aplicación para el estudio de bandadas de pájaros que adoptan estos movimientos circulares. Si bien este tipo de soluciones se encuentran presentes en el modelo ISM encontramos que teorías como la propuesta por Toner-Tu[3] no permiten la aparición de comportamientos colectivos con vorticidad. Estos resultados se obtuvieron en modelos microscópico a través de simulaciones computacionales y en modelos continuos mediante técnicas analíticas.

[1] DELCOURT, Johann; BODE, Nikolai WF; DENOËL, Mathieu. Collective vortex behaviors: Diversity, proximate, and ultimate causes of circular animal group movements. *The Quarterly review of biology*, 2016, vol. 91, no 1, p. 1-24.

[2] CAVAGNA, Andrea, et al. Flocking and turning: a new model for self-organized collective motion. *Journal of Statistical Physics*, 2015, vol. 158, no 3, p. 601-627.

[3] TONER, John; TU, Yuhai. Flocks, herds, and schools: A quantitative theory of flocking. *Physical review E*, 1998, vol. 58, no 4, p. 4828.

**Contacto:** Alejo Costa, alejocostaduran@gmail.com **Código Identificador:** 8954

15:00-15:20

Aula Falicov

## Redes neuronales recurrentes como ansatz variacional

Acevedo S<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de La Plata, CONICET*

Las redes neuronales autorregresivas pueden utilizarse como modelos generativos en física estadística[1,2,3]. Siguiendo un enfoque variacional, estas redes permiten generar configuraciones independientes, a partir de las cuales puede calcularse la energía libre y los observables

de interés en el sistema. Además, la arquitectura permite calcular la probabilidad de cada configuración sin recurrir al cálculo explícito de la función de partición del sistema. Mostraremos las líneas generales de cómo está diseñada la arquitectura y cómo se realiza el aprendizaje de los parámetros, siguiendo el "Hamiltonian approach." El aprendizaje automático. Ejemplificaremos en sistemas de espines en una dimensión espacial: el modelo clásico de Ising a temperatura finita y el modelo cuántico de Heisenberg a temperatura cero.

[1] Dian Wu, Lei Wang, and Pan Zhang Phys. Rev. Lett. 122, 080602 (2019)

[2] Hibat-Allah, Mohamed et al. Variational neural annealing. Nat Mach Intell 3, 952?961 (2021)

[3] Hibat-Allah, Mohamed et al. Recurrent neural network wave functions. Phys. Rev. Research (2020)

Contacto: Santiago Acevedo, santiagodanielacevedo@gmail.com

**Contacto:** Santiago Acevedo, santiagodanielacevedo@gmail.com **Código Identificador:** 8506

15:20-15:40

Aula Falicov

## Percolación y Jamming en adsorción y desorción secuencial aleatoria de varillas rectas en redes cuadradas en bicapa

De la Cruz N<sup>1, 2</sup>, Pimentel F M<sup>2</sup>, Ramirez L S<sup>3</sup>, Ramirez A J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL

<sup>2</sup> Instituto de Física, Universidad Autónoma de Santo Domingo

<sup>3</sup> Instituto de Física Interdisciplinaria y Sistemas Complejos (IFISC), Campus Universitat Illes Balears

Uno de los temas más estudiados en Mecánica Estadística es la transición de fase de percolación que ocurre en modelos de Adsorción Secuencial Aleatoria (RSA) de objetos extendidos en redes bidimensionales. En este tipo de modelos, los objetos se depositan de forma aleatoria e irreversible formando una sola monocapa. El estado final generado por RSA es un estado desordenado (conocido como estado de interferencia o Jamming), en el que no se pueden depositar más objetos debido a la ausencia de espacio libre de tamaño y forma apropiados [1,2]. Por lo tanto, se establece una competencia entre percolación y Jamming. El estudio de estos sistemas en el régimen de monocapa ofrece una representación básica de procesos complejos como los de adsorción de proteínas en superficies sólidas, partículas en una membrana biológica, quimisorción de moléculas de gran tamaño, etc. A pesar de la cantidad de contribuciones a este problema, hay muchos aspectos que no están completamente resueltos. De hecho, la mayoría de los estudios están dedicados a la deposición en monocapa [3-5]. El objetivo de este trabajo es proporcionar un estudio exhaustivo de la adsorción (y remoción) de objetos lineales en una bicapa cuadrada. Para este propósito, se han llevado a cabo simulaciones numéricas complementadas con análisis de escaleo de tamaño finito para estudiar el comportamiento de percolación y Jamming en un modelo RSA de cadena lineal flexible ( $k$ -mero) en redes cuadradas de bicapa (2D + 1D).

Los umbrales de percolación y jamming se informan en función del tamaño de k-mero. En el caso de remoción, se reporta un cierto valor de k a partir del cual no es posible desconectar la red.

[1] A. Baule, F. Morone, H. J. Herrmann, and H. A. Makse. Edwards statistical mechanics for jammed granular matter. *Reviews of Modern Physics*, 90(1):015006, 2018.

[2] J. W Evans. Random and cooperative sequential adsorption. *Reviews of modern physics*, 65(4):1281, 1993.

[3] P. M. Centres and A. J. Ramirez-Pastor, . Percolation and jamming in random sequential adsorption of linear k-mers on square lattices with the presence of impurities. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2015(10):P10011, 2015.

[4] D. Stauffer and A. Aharony. *Introduction to Percolation Theory*. Taylor Francis, 1994.

[5] E.E. Vogel, J.F. Valdes, W. Lebrecht, and A.J. Ramirez-Pastor. Jamming for nematic deposition in the presence of impurities. *Physical Review E*, 95(2):022120, 2017.

**Contacto:** Nelphy De la Cruz Felix, ndelacruz72@uasd.edu.do

**Codigo Identificador:** 8652

## Sesiones de Posters

- Martes 27/9: ME-1 a ME-31.
- Miércoles 28/9: ME-32 a ME-61.

### ME-1 Adsorción de agua en films mesoporosos de sílice mediante simulación de Monte Carlo

Cornette V<sup>1 2</sup>, Delgado Mons R<sup>2 1</sup>, López R<sup>2 1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física - Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales Universidad nacional de San Luis*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL*

Con el objetivo de estudiar las propiedades superficiales de películas delgadas de óxidos mesoporosos (PDOM), membranas de óxidos porosos (MOP) y nanomateriales compuestos (NP@PDOM), se desarrollan simulaciones moleculares, implementando el método de Monte Carlo en el ensamble Gran Canónico (GCMC off lattice), obteniendo un banco de isotermas monoporo de adsorción de vapor de agua a 300 K. Para el modelado del adsorbente hemos considerado las paredes de los films mesoporosos, como poros de geometría cilíndricas de sílice, donde las interacciones del adsorbato y el adsorbente fueron modeladas usando el potencial de Lennard-Jones integrado sobre un cilindro (elipse) infinitamente largo. Para modelar el agua hemos implementado uno de los conocidos modelos rígidos no polarizable

llamado SPC/E. Se ha logrado reproducir las condiciones de agua líquida en la fase condensada de la adsorción para todos los tamaños de poro, obteniendo las distribuciones de densidad radial para la interacción O-O, O-H y H-H. A través del banco de isothermas monoporoso simulado se comparan los ajustes con isothermas de adsorción de agua experimentales en materiales de sílica.

## ME-2 Adsorción de moléculas con estructura: estudio comparativo de diferentes modelos mecánico-estadísticos

Riccardo J J<sup>1</sup>, Quiroga E<sup>1</sup>, Pasinetti P M<sup>1</sup>, Riccardo J L<sup>1</sup>, Ramirez Pastor A J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INFAP-Universidad Nacional de San Luis

El problema de interpretar datos experimentales de adsorción mediante el uso de diferentes modelos teóricos es un campo de investigación muy activo en la ciencia de superficies e interfaces y ha atraído mucho interés durante mucho tiempo. La historia del problema nos lleva a Irving Langmuir, quien fue el primero en introducir el concepto de adsorción monomolecular sobre superficies energéticamente homogéneas en 1918 [1]. La isoterma homónima se derivó originalmente de estudios sobre la adsorción de gas en carbón activado. Este modelo establece que (1) todos los sitios de unión poseen la misma afinidad por el adsorbato; (2) la adsorción se limita a la formación de una monocapa; y (3) el número de especies adsorbidas no excede el número total de sitios en la superficie (hay una estequiometría 1:1 entre los sitios de adsorción en la superficie y el adsorbato). A pesar de la utilidad y simplicidad del modelo de Langmuir, el concepto de adsorción unisitio puede ser aceptado en el caso de moléculas compactas, pero falla completamente en casos tan comunes como la adsorción de cadenas de hidrocarburos o proteínas que son altamente flexibles, y cuyos grupos constituyentes tienden a adsorberse como segmentos individuales. En esta línea, los primeros antecedentes sobre estudios de adsorción con múltiple ocupación de sitios sobre superficies homogéneas se remontan aproximadamente a la década de 1930-40, y los mismos continúan hasta hoy [2-8]. En el presente trabajo, y mediante un exhaustivo análisis comparativo con simulaciones de Monte Carlo, investigamos los alcances y limitaciones de los modelos clásicos de adsorción multisitio. Además, presentamos nuevos resultados teóricos basados en el concepto de "múltiple exclusión" [9]. El nuevo esquema teórico es utilizado para modelar datos experimentales correspondientes a la adsorción de proteínas anticongelantes.

[1] I. Langmuir, J. Am. Chem. Soc. 40 1361 (1918).

[2] P J Flory, J. Chem. Phys. 9 660 1941; Principles of Polymers Chemistry (Ithaca, NY: Cornell University Press) 1953; M L Huggins M L, J. Phys. Chem. 9 440 1941.

[3] E. A. DiMarzio, J. Chem. Phys. 35 658 1961.

[4] J. Liu, B. Shen, J. Dong, Adsorption 15 423 2009.

[5] Q. Z. Li, Y. Yeh, J. J. Liu, R. E. Feeney, V. Krishnan, J. Chem. Phys. 124 204702 2006.

[6] H. Reiss, H.L. Frisch, J.L. Lebowitz, J. Chem. Phys. 31 369 1959.

[7] J. Liu, Q. Li, Chemical Physics Letters 422 67 2006.

[8] J. L. Riccardo, A. J. Ramirez-Pastor, F. Romá, Phys. Rev. Lett. 93 186101 2004.

[9] J. L. Riccardo, J. L. Riccardo, A. J. Ramirez-Pastor, P. M. Pasinetti, Phys. Rev. Lett. 123 020602 2019.

### ME-3 **Adsorción de trímeros en redes triangulares y sus efectos entrópicos, aproximación teórica y simulación de Monte Carlo.**

De la Cruz Feliz N M<sup>1</sup>, Sanchez Varretti F O<sup>2</sup>, Bulnes F M<sup>3</sup>, Longone P J<sup>3</sup>, Ramirez Pastor A J<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física, Universidad Autónoma de Santo Domingo*

<sup>2</sup> *Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael*

<sup>3</sup> *Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL*

Es de vital importancia contar con herramientas, tanto experimentales como teóricas, para comprender fenómeno de la adsorción superficial, debido a sus aplicaciones al mundo que nos rodea. Es por todo esto que se hace imprescindible el desarrollo de modelos teóricos cada vez más refinados, capaces de dar cuenta de las principales propiedades, tanto del adsorbato como del adsorbente, de las interacciones que existen entre los mismos y de las estructuras subyacentes en la fase adsorbida. En particular, el estudio de la adsorción de k-meros en distintas redes es de sumo interes en la fisico-química de superficies. La tendencia de las partículas adsorbidas a ordenarse puede ser estudiada con diversos métodos. Los objetivos principales de este trabajo son extender resultados previos obtenidos mediante aproximación de racimo a la adsorción con ocupación multisitio y estudiar cómo la estructura del adsorbato afecta sus propiedades de adsorción. Utilizamos tres tipos distintos de trímeros: lineales, triangulares y angulares, adsorbidos sobre redes triangulares. La relación entre el cubrimiento superficial y el potencial químico y la entropía configuracional de la fase adsorbida se obtienen para los tres sistemas estudiados. La validez de las soluciones analíticas se prueba mediante la comparación con simulaciones de MC desarrolladas para este trabajo y determinaciones previas en la literatura. Discutimos las estructuras superficiales y sus implicaciones sobre la entropía configuracional en la fase adsorbida, en comparación con los resultados obtenidos para el sistema ideal (sin confinamiento y sin interacciones laterales).

### ME-4 **Análisis de flujo peatonal con imitación de actitudes cooperativas en procesos de evacuación**

Zablotsky A<sup>1, 2</sup>, Kuperman M<sup>1, 2</sup>, Bouzat S<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Grupo de Física Estadística e Interdisciplinaria. Centro Atómico Bariloche*

<sup>2</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

Se analiza la dinámica de evacuación peatonal de un recinto a través de una puerta pequeña para una población mixta en la que se incluyen agentes cooperativos que pueden representar personal de seguridad. Los estudios se realizan mediante simulaciones numéricas basadas en el modelo de fuerza social con parámetros no uniformes. Se analiza el tiempo de desocupación total del recinto y la dinámica de atascos considerando diferentes proporciones de

agentes cooperativos. Se estudian casos en los que la actitud de los peatones es constante a lo largo de la simulación (egoísta o cooperativa) y casos con imitación, en los que los agentes cooperativos (personal de seguridad) son imitados por los peatones cercanos. Los principales resultados muestran como la imitación de las actitudes cooperativas puede disminuir significativamente el tiempo de evacuación en diferentes condiciones y geometrías del recinto.

## ME-5 **Análisis de la relación entre la dinámica y las estructuras emergentes en un modelo de red adaptativa con unidades caóticas.**

Plüss R<sup>1</sup>, Castellini H<sup>1</sup>, Gleiser P M<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>2</sup> *Instituto Tecnológico de Buenos Aires*

Para estudiar la relación entre la estructura de red y la dinámica de los nodos, Gong y Van Leeuwen[1] propusieron un modelo de red adaptativa. En este modelo una red de unidades dinámicas, inicialmente acoplada de forma aleatoria se adapta reconfigurando las conexiones de acuerdo a la coherencia entre las unidades dinámicas. Para elegir cómo modificar sus conexiones, los nodos comparan los valores de sus estados dinámicos entre sí. La regla dinámica permite modificar conexiones de la red favoreciendo conexiones entre nodos que tienen estados más próximos. Gong y Van Leeuwen observaron la presencia de dos fases. Una fase donde el acoplamiento entre las unidades dinámicas es muy débil y la red permanece con estructura aleatoria. Para valores grandes del acoplamiento se produce una transición de fase, donde la red evoluciona hacia una red de mundo pequeño[2].

En el presente trabajo se buscó caracterizar esta transición de fase. Para eso se estudió la sincronización del sistema, utilizando parámetros de orden que permiten la caracterización tanto a nivel local, como a nivel global. En particular se utilizó como parámetro de orden global el número de unidades dinámicas cuyos estados se encuentran a menos de un umbral. Para el estudio de la sincronización a nivel local se estudió la formación de grupos de nodos sincronizados (clusters) y el efecto que este produce en la dinámica de la red.

Se observó que la formación de grupos de nodos sincronizados, cerca del valor de acoplamiento de transición, disminuye la sincronización global de la red aleatoria, permitiendo la formación de grupos de nodos sincronizados que afectan la estructura de la red. De esta forma se permite la emergencia de pequeñas comunidades en la red, que luego dan lugar a la estructura de red de mundo pequeño.

[1] Gong P. and C. van Leeuwen, ELP 67 (2004) 328

[2] Watts D. J. and Strogatz S. H., Nature, 393 (1998) 440

## ME-6 **Aproximación analítica para un modelo de opinión de tres estados**

Pedraza L<sup>1</sup>, Pinasco J P<sup>3</sup>, Semeshenko V<sup>5</sup>, Balenzuela P<sup>6</sup>

<sup>1</sup> *Grupo de Electromagnetismo Aplicado, Departamento de Física, FCEyN, UBA*

<sup>2</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires*

<sup>3</sup> *Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>4</sup> *Instituto de Investigaciones Matemáticas Luis A. Santaló, Universidad de Buenos Aires, CONICET*

<sup>5</sup> *Instituto Interdisciplinario de Economía Política, Facultad de Ciencias Económicas, CONICET-UBA*

<sup>6</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

Los modelos de agentes suelen ser una herramienta común para explorar la dinámica de opinión. Para algunos modelos sencillos es posible plantear las ecuaciones maestras que describen la densidad de opiniones a lo largo del tiempo. De esta manera obtenemos una manera alternativa de estudiar el modelo, sus transiciones de fase y sus estados finales. Sin embargo para modelos más complejos, las ecuaciones resultantes pueden ser complejas y no darnos mucha información. En estos casos, puede resultar útil realizar aproximaciones. Estudiamos un modelo de agentes con dos estados, un estado continuo que marca la posición de un agente, que a su vez induce a un estado discreto de tres opiniones posibles. Realizamos una aproximación observando la dinámica de la postura media de los agentes con cada tipo de opinión. De esta manera podemos reducir la dimensionalidad del problema obteniendo una dinámica muy simple, que sin embargo predice muy bien la dinámica general.

ME-7

## **Caracterización de estados preictales epilépticos mediante mapas autoorganizados**

Martínez N<sup>1</sup>, Granado M<sup>2</sup>, Montani F<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Investigaciones Físicas De Mar De Plata, CONICET-UNMdP*

<sup>2</sup> *Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET*

Los registros electrofisiológicos de la actividad cerebral de pacientes con epilepsia permiten indagar la dinámica del fenómeno epiléptico, pudiendo de esta manera caracterizar la señal eléctrica proveniente de los distintos electrodos encargados de registrar la actividad neuronal dependiente del tiempo. Además, desde un punto de vista neurológico, la correcta identificación de los electrodos intracraneales involucrados en el área responsable de la generación de crisis epilépticas, denominada zona epileptógena, permite la precisa distinción de dicha región de interés para su resección quirúrgica con el fin de cesar los ataques epilépticos.

A través del uso de redes neuronales, se entrenó una red usando aprendizaje no supervisado, más precisamente conocidas como mapas de Kohonen o mapas autoorganizados, para producir una representación discreta del espacio de las muestras de entrada, el cual permitió identificar y caracterizar los diversos contactos pertenecientes a los electrodos localizados en distintas áreas estratégicas del cerebro e involucrados en el proceso epileptógeno. De esta manera se logró diferenciar los electrodos que poseen un rol más activo previo a una crisis,

lo cual permite por un lado dar indicios de la localización de la zona epileptógena, y por el otro, estimar una predicción de unos minutos de antelación de la crisis epiléptica. Esta investigación se centra entonces en el desarrollo de algoritmos de aprendizaje profundo que podrían ayudar a elaborar un sistema de alerta de convulsiones, en tiempo real, siempre activo y específico para pacientes con epilepsia refractaria.

## ME-8 **Caracterización Mediante Modelado Computacional de Materiales Nanoporosos para Aplicaciones Energéticas**

Delgado Mons R N<sup>1</sup>, Cornette V<sup>1</sup>, Toso J<sup>1</sup>, Lopez R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL*

La caracterización de las propiedades estructurales de nanomateriales porosos es un tópico de gran interés científico y tecnológico, especialmente en la aplicación de estos materiales en la problemática medioambiental. La optimización de los procedimientos de síntesis con miras al almacenamiento y la separación de gases de efecto invernadero es un problema abierto, de enorme interés científico, social y económico que precisa como punto de partida de una correcta y detallada caracterización de los materiales a utilizar/sintetizar. Además, la adecuada modificación de la superficie de estos materiales, por la presencia y/o inclusión de determinados grupos funcionales (heterogeneidades superficiales) ha demostrado ser una técnica promisoría para aumentar la capacidad de adsorción física de gases específicos. Es por eso que a partir de recientes datos experimentales disponibles, uno de los objetivos principales de este trabajo será modelar computacionalmente estos sistemas y predecir las entalpías diferenciales de adsorción obtenidas directamente por microcalorimetría. Para esto se implementarán simulaciones de Monte Carlo en el Gran Canónico (off lattice) de la adsorción de distintos gases en materiales tipo SBA-15 con y sin los grupos funcionales, obtener mediante un ajuste de mínimos cuadrados no-negativos con regularización las respectivas PSD y por último predecir las entalpías diferenciales de adsorción. Se implementarán modelos átomo-átomo del N<sub>2</sub> para estudiar cómo se adsorbe en el nanoporo y discutir el origen de las discrepancias observadas al evaluar la superficie específica del material utilizando N<sub>2</sub> o Ar.

## ME-9 **Codificación de la información en la amplitud de oscilaciones neuronales de alta frecuencia: hacia un biomarcador de entropía máxima en registros preictales de epilepsia**

Granado M<sup>1</sup>, Miceli F<sup>1</sup>, Martinez N<sup>2</sup>, Montani F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET*

<sup>2</sup> *Instituto de Investigaciones Físicas De Mar De Plata, CONICET-UNMDP*

La electroencefalografía intracraneal puede registrar directamente los potenciales de campo

locales de un gran conjunto de neuronas en las proximidades del electrodo. Para buscar posibles biomarcadores epilépticos y determinar la zona epileptógena que da lugar a los ataques, investigamos la dinámica de las señales basales y preictales. Para ello, exploramos la dinámica de las series temporales registradas para diferentes bandas de frecuencia considerando las oscilaciones de alta frecuencia hasta 240 Hz. Aplicamos una transformada de Hilbert para estudiar la amplitud y la fase de las señales, y se caracterizó la dinámica de las diferentes bandas de frecuencia en el plano de entropía-complejidad temporal,  $H \times C$ , comparando la evolución dinámica de las series temporales basales y preictales. Nuestros resultados muestran que a medida que el sistema evoluciona temporalmente en el estado preictal, las amplitudes de la señal de las bandas HFO entre 220-230 y 230-240 Hz se acercan cada vez más al máximo de entropía y a un mínimo de complejidad. Podemos interpretar esto como que la naturaleza del sistema evoluciona temporalmente en el estado preictal de tal manera que el consumo de recursos por parte del sistema es mínimo para la amplitud en las frecuencias entre 220-230 y 230-240 Hz. En este caso la máxima entropía equivale al principio de mínimo consumo de recursos del sistema. Esto corresponde a la minimización de la energía libre de Gibbs, ya que la aleatoriedad y la baja complejidad parecen ser una restricción para la dinámica de la señal en el estado preictal para las bandas de frecuencia entre 220-230 y 230-240 Hz.

## ME-10 Comparación de correlaciones de orden superior en redes de poblaciones neuronales biológicas y artificiales

Guisande N<sup>1</sup>, Pallares Di Nunzio M<sup>1</sup>, Rosso O<sup>1, 2</sup>, Montani F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET*

<sup>2</sup> *Instituto de Física, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)*

En la corteza cerebral hay poblaciones neuronales complejamente interconectadas que pueden recibir miles de entradas comunes. Para comprender cómo se procesa la información sensorial en grandes conjuntos de neuronas, es necesario aplicar modelos estadísticos adecuados para describir la variabilidad de la respuesta.

Algunos estudios sugieren la importancia de las entradas neuronales no gaussianas en la codificación de la información neural. Recientemente se desarrolló un modelo dicotomizado  $q$ -Gaussiano de entrada común, que extiende el modelo dicotomizado gaussiano a entradas no Gaussianas. Los patrones binarios de disparo se generan mediante la umbralización de una variable aleatoria  $q$ -gaussiana multivariada, y las correlaciones entre las neuronas surgen de las correlaciones en la  $q$ -gaussiana subyacente.

En este trabajo se implementa computacionalmente este modelo analítico buscando que la probabilidad conjunta de disparo de las neuronas simuladas coincida con valores biológicos. Se presenta un análisis exhaustivo de cómo las estadísticas de entrada se transforman en este proceso de umbral en estadísticas de salida utilizando una combinación de herramientas de teoría de grafos y teoría de la información. Además, se propone una forma de construir una red calculando los pesos sinápticos a partir de la métrica de distancia entre los trenes de spikes de Victor–Purpura, que permite cuantificar la cantidad energía mínima necesaria

para que un tren de spikes sea igual otro vecino, y posteriormente se analiza la centralidad de la red. Se aplica esta metodología a los datos simulados y se contrasta con los resultados obtenidos sobre una base de datos de registros extracelulares simultáneos de poblaciones neuronales del área visual V1.

Se cuantifican las correlaciones que se generan a partir de la interconectividad de orden superior de las entradas neuronales comunes superpuestas. Se caracteriza la actividad de disparo de la población obtenida a partir de registros simultáneos de neuronas en todas las capas de una microcolumna cortical simulada y se realiza una comparación con los datos biológicos.

### ME-11 Complexity emerges in measures of the marking dynamics in football games

Chacoma A<sup>1,2</sup>, Kuperman M N<sup>3,4</sup>, Billoni O V<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

<sup>2</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>3</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>4</sup> *Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

We study the dynamics of marking in football matches. To do this, we surveyed and analyzed a database containing the trajectories of players from both teams on the field of play during three professional games. We describe the dynamics through the construction of temporal bipartite networks of proximity. Based on the introduced concept of proximity, the nodes are the players, and the links are defined between opponents that are close enough to each other at a given moment. By studying the evolution of the heterogeneity parameter of the networks during the game, we characterized a scaling law for the average shape of the fluctuations, unveiling the emergence of complexity in the system. Moreover, we proposed a simple model to simulate the players' motion in the field from where we obtained the evolution of a synthetic proximity network. We show that the model captures with a remarkable agreement the complexity of the empirical case, hence it proves to be helpful to elucidate the underlying mechanisms responsible for the observed phenomena.

### ME-12 Comportamiento tricrítico en un modelo neuronal con unidades excitatorias e inhibitorias

Almeira J<sup>1</sup>, Grigera T S<sup>2</sup>, Chialvo D R<sup>3</sup>, Cannas S A<sup>4,1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

<sup>2</sup> *Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos, CONICET-UNLP*

<sup>3</sup> *Center for Complex Systems Brain Sciences/Universidad Nacional de San Martín*

<sup>4</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

Se estudió la dinámica de clusters de actividad coherente en una modificación del modelo neuronal presentado por Zarepour et al. [1]. El modelo consta de una arquitectura neuronal de mundo pequeño construida a través de una red Watts-Strogatz. La dinámica desarrollada sobre la red sigue reglas de tipo Greenberg-Hastings [2] con unidades que poseen tres estados

independientes y una naturaleza excitatoria o inhibitoria sorteada aleatoriamente con cierta probabilidad de forma tal que se mantenga una proporción  $f$  de ambas clases de neuronas. Del trabajo de Zarepour et al. [1] se conoce que, para  $f = 0$  y valores suficientemente grandes del grado medio de la red, el sistema presenta una transición dinámica discontinua. La incorporación de neuronas inhibitorias en el modelo provoca un cambio en dicha transición cuando se alcanza una cierta fracción de las mismas, recuperando de este modo una transición continua. Estos resultados sugieren la existencia de comportamiento tricrítico. Para llevar a cabo una mejor caracterización de este fenómeno se realizó un análisis de clusters a través de la teoría de percolación, ya que el cluster percolante (gigante) puede ser tratado como parámetro de orden para tamaños de red suficientemente grandes y otras cantidades relacionadas, como el tamaño medio de clusters o el segundo cluster más grande, pueden ser utilizadas para identificar el comportamiento crítico del sistema y los exponentes asociados (escalado de tamaño finito). Se encontró la existencia de una superficie de transición de segundo orden y una de primer orden, separadas por una línea de puntos tricríticos. Se encontró que la superficie de segundo orden pertenece a la clase de universalidad de campo medio lejos del punto tricrítico. Las grandes fluctuaciones cerca de la región tricrítica no permitieron observar ningún crossover a un conjunto de exponentes tricríticos, aunque es posible que su ausencia pueda ser debido a la lejanía del punto fijo tricrítico (asociado a la línea correspondiente) de la región del espacio de parámetros aquí estudiada. [1] M. Zarepour, J. I. Perotti, O. V. Billoni, D. R. Chialvo and S. A. Cannas, *Physical review E* 100, 052138 (2019). [2] J.M. Greenberg and S.P. Hastings, *SIAM (Soc. Ind. Appl. Math.) J. Appl. Math.* 34, 515, (1978).

ME-13

## Correlaciones del movimiento animal con variables del tiempo atmosférico

Besana R M<sup>1</sup>, Kubisch E<sup>2</sup>, Echave M E<sup>3</sup>, Catalano N<sup>4</sup> <sup>1</sup>, Laneri K<sup>5</sup>, Kaziemierski L D<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Comisión Nacional de Energía Atómica-Centro Atómico Bariloche-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas- Universidad Nacional del Comahue*

<sup>3</sup> *San Antonio Oeste, Río Negro, Argentina.*

<sup>4</sup> *Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>5</sup> *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CAB, Instituto Balseiro, CNEA, Universidad Nacional de Cuyo*

La tortuga terrestre argentina *Chelonoidis Chilensis* es una especie vulnerable que se encuentra gravemente amenazada por el mascotismo y la expansión de la frontera agrícola-ganadera en Argentina. Son fundamentales los estudios acerca de su comportamiento en su hábitat natural para el desarrollo de planes de conservación; sin embargo, éstos son escasos.

En este trabajo, se estudiaron correlaciones del movimiento con la temperatura y otras variables del tiempo atmosférico, motivados por la naturaleza ectotérmica de los reptiles. Para eso, se analizaron datos obtenidos de campañas en las que se monitorearon ejemplares de una población silvestre con unidades de navegación, equipadas con GPS y sensores de temperatura.

Primero, se obtuvieron distribuciones de las distancias recorridas por hora para distintos rangos de temperatura del sensor. Las mismas, independientemente de la temperatura, presentan un máximo entre 0 m/h y 20 m/h seguido de un decaimiento exponencial. A medida que aumenta la temperatura, se observa que el parámetro de escala, vinculado con la cola de la distribución, crece. Esto ocurre hasta una temperatura de 40°C, para la cual se obtiene una distribución con una cola menos pesada. Lo anterior indicaría que las tortugas recorren mayores distancias conforme aumenta la temperatura hasta cierto umbral.

A continuación, se obtuvo la distribución de eventos en los que las distancias por hora superan un límite determinado. La misma se aproxima, independientemente al valor del límite, a una distribución de Gumbel asimétrica negativa que presenta un máximo entre 35°C y 40°C. Esto sugiere un intervalo de temperaturas en el que las tortugas recorren mayores distancias con mayor frecuencia. Se obtienen similares resultados considerando el análisis sobre la velocidad media y el desplazamiento cuadrático medio en lugar de distancias recorridas.

Para hallar otros factores condicionantes del movimiento, se exploraron modelos lineales generalizados que incluían, además de la temperatura, otras variables atmosféricas como predictores lineales. El mejor modelo según el criterio de Bayes resultó de considerar la velocidad del viento y la temperatura como variables explicativas.

Finalmente, se estudió el movimiento en función del momento del día, discriminando entre sexos y épocas del año.

## ME-14 Correlaciones espaciales y temporales de actividad en la corteza visual de ratones

Camargo S<sup>1 2</sup>, Martín D A<sup>1 2</sup>, Aguillar Trejo E J<sup>1 2</sup>, de Florian A<sup>1 2</sup>, Cannas S A<sup>3 4</sup>, Grigera T S<sup>3 5 6</sup>, Chialvo D R<sup>3 1 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Físicas-UNSAM-CONICET

<sup>2</sup> Center for Complex Systems Brain Sciences/Universidad Nacional de San Martín

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>4</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC

<sup>5</sup> Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos, CONICET-UNLP

<sup>6</sup> Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata

Investigamos el comportamiento de la longitud y tiempos de correlación en datos de actividad neuronal de la corteza visual de ratones conscientes, obtenidos mediante técnicas optogenéticas [1]. Empleamos tres maneras de computar las correlaciones espaciales: usando función de correlación conectada [2,3] de señales continuas y del proceso de puntos relacionado, y usando la función de distribución radial [4]. Las tres funciones se calculan dentro de una ventana cuadrada, de tamaño variable. La estimación de estas tres medidas de correlación demuestran que la escala de correlación espacial es proporcional al tamaño de la ventana considerada. Por otro lado hemos determinado las correlaciones temporales de la señal promediada en las mismas ventanas, encontrando un crecimiento (no lineal) del tiempo de correlación con el tamaño de la ventana. Esto último es similar al escaleo dinámico observado en sistemas críticos en equilibrio. Estos resultados indican que tanto las correlaciones espaciales como las temporales son efectivamente libres de escala, apoyan la hipótesis de que el cerebro exhibe dinámica crítica [5].

Financiado por subsidio 1U19NS107464-01 del NIH BRAIN Initiative (USA).  
 Disponible en <https://arxiv.org/abs/2206.07797>.

- [1] C. Stringer et al., Spontaneous behaviors drive multidimensional, brainwide activity, *Science* 364(6437) (2019).  
 [2] T. S. Grigera, Correlation functions as a tool to study collective behaviour phenomena in biological systems, *Journal of Physics: Complexity*, 2(4), 045016 (2021).  
 [3] D. A. Martin et al., Box scaling as a proxy of finite size correlations, *Scientific Reports* 11(1), 179 (2021).  
 [4] P. Villegas et al, Joint assessment of density correlations and fluctuations for analysing spatial tree patterns, *R. Soc. open sci.* 8 202200 (2021).  
 [5] D.R. Chialvo, Emergent complex neural dynamics, *Nature Physics* 6(10), 744-750 (2010).

## ME-15 **Cuantificación de la tasa de transferencia de la información en la zona epileptógena**

Miceli F<sup>1</sup>, Granado M<sup>1</sup>, Pallares di Nunzio M<sup>1</sup>, Guisande N<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET*

Para caracterizar la dinámica no lineal de una red neuronal que conecta dos sistemas estocásticos, es necesario conocer el flujo de información que las conecta. Una herramienta estadística comúnmente usada en estos estudios, es la información mutua que hay entre los sistemas. Si a dicha medida se le añade un desplazamiento temporal, se pueden estudiar probabilidades de transición para descubrir las propiedades dinámicas de la red. En particular sucede que este método margina la información direccional que se intercambia entre los sistemas al no filtrar la proveniente de entradas comunes al conjunto o compartida por ambos. Sin embargo, haciendo uso de un proceso de Markov se puede definir una cantidad asimétrica entre ensambles de neuronas a través de la entropía de transferencia, la cual se centra en cuantificar el flujo de información que circula únicamente en una dirección dada entre los dos sistemas. En este trabajo, se cuantificó la transferencia de información en registros intracraneales de pacientes con epilepsia refractaria no tratable con fármacos. Dichos cálculos se realizaron en aquellos electrodos comprometidos en la zona responsable de la generación de las crisis epilépticas, denominada zona epileptógena. Ya que la entropía de transferencia es capaz de detectar el intercambio dirigido de información entre dos sistemas, en nuestro caso, los canales involucrados según los reportes electrofisiológicos mostraron un aumento en la tasa de transferencia de la información en los instantes previos a la crisis de epilepsia, respecto a un registro temporal basal lejanamente anterior a la misma. De este modo, esta herramienta de la teoría de la información puede proveer una referencia adicional al estudio y diagnóstico de la delimitación de la zona epileptógena.

## ME-16 **Desarrollo de una red de sensores para el monitoreo de tortugas terrestres**

Oliva Trevisan A<sup>1 2</sup>, Catalano N<sup>1 2</sup>, Kazimierski L D<sup>2 3</sup>, Kubisch E<sup>3 4</sup>, Laneri K<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> CONICET

<sup>4</sup> Centro Regional Universitario Bariloche - Universidad Nacional del Comahue

Se presenta el diseño, desarrollo y fabricación de un dispositivo de bajo costo y consumo, diseñado para el monitoreo del movimiento de la tortuga terrestre *Chelonoidis chilensis*. Este animal se encuentra en estado vulnerable, debido principalmente al mascotismo y a la fragmentación de su habitat, producto de las actividades humanas. Por lo tanto, conocer sus patrones de movimiento y su comportamiento, es crucial a la hora de diseñar estrategias para su conservación. El dispositivo desarrollado cuenta con sensores inerciales, un transmisor de radio frecuencia, GPS, magnetómetro y sensor de temperatura. El peso aproximado de la unidad resulta de 50gr, siendo menor al 5 porciento del peso del animal (1,2Kg los machos y 2Kg las hembras), no alterando su comportamiento. El dispositivo es totalmente inocuo para la tortuga y se lo camufla para no exponer al animal a potenciales depredadores. El costo aproximado resultó de 80 usd/unidad, con una autonomía estimada de 5 días, mejorando notablemente los costos y la autonomía de los dispositivos utilizados hasta el momento (250 usd/unidad y 16 hs de autonomía). Se detalla el diseño al que se ha llegado, trabajando de forma interdisciplinaria con el equipo de investigación. El software y el firmware, también están siendo programados enteramente en nuestro equipo, de modo de poder extender las aplicaciones del dispositivo en el futuro. El diseño de la placa fue pensado para cumplir con las siguientes funciones: dispositivo de monitoreo, estación colectora de datos y rastreador, de manera de poder lograr el monitoreo en simultáneo del movimiento y otros parámetros de interés (como sonido y luz de ambiente), de al menos 10 individuos en esta primera etapa del desarrollo. Con los datos colectados en las próximas campañas será posible lograr un mayor conocimiento de los patrones de movimiento de la especie, con el objetivo de planificar estrategias para su conservación.

ME-17

## DFT, Monte Carlo y Aproximación de Raci- mo: Adsorción de átomos de hidrógeno y oxígeno en superficies de Cu(100) y Ag(100).

Gómez E<sup>1</sup>, Sánchez F<sup>2</sup>, Avalle L B<sup>3</sup>, Ramirez-Pastor A J<sup>4</sup>, Giménez M C<sup>5</sup>

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA

<sup>2</sup> Facultad Regional San Rafael - Universidad Tecnológica Nacional

<sup>3</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC

<sup>4</sup> INFAP-Universidad Nacional de San Luis

<sup>5</sup> Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba, Instituto de Física Enrique Gaviola CONICET-UNC

Se conoce que tanto la plata como el cobre, como sus diferentes combinaciones Ag-Cu, son materiales fundamentales en la electroreducción del  $CO_2$  [1]. Una de las causas que ha permitido identificar esta propiedad, es que se puede manipular la presencia de oxígeno e

hidrógeno en sitios bien definidos de la superficie, como así también en distintas sub-capas atómicas [2]. La modificación estratégica de las estructuras superficiales, permite la formación controlada de intermediarios, los cuales conducen a los productos de reacción deseados [3]. La adsorción de hidrógeno y de oxígeno en superficies de  $Cu(100)$  y de  $Ag(100)$  puede ser estudiada mediante diferentes herramientas computacionales. Para representar este sistema se realizaron cálculos de DFT con los cuales se obtuvieron las energías de adsorción de un átomo de hidrógeno o de oxígeno en diferentes entornos, de acuerdo con el número de primeros vecinos presentes en cada sitio de adsorción. Esta información se empleó luego en simulaciones de Monte Carlo y en la Aproximación de Racimo para diferentes temperaturas. Ambos métodos concuerdan en la mayoría de los casos analizados. Además de las isotermas de adsorción, se estudió la entropía en función del grado de cubrimiento, para diferentes temperaturas, lo cual nos permite identificar diferentes fases para las submonocapas de  $H$  o de  $O$  adsorbido.

## Referencias

- [1] Dramatic differences in carbon dioxide adsorption and initial steps of reduction between silver and copper. Yifan Ye, Hao Yang, Jin Qian, Hongyang Su, Kyung-Jae Lee, Tao Cheng, Hai Xiao, Junko Yano, William A. Goddard III, Ethan J. Crumlin. *Nat Commun* 10, 1875 (2019) 1-9. DOI : 10,1038/s41467 – 019 – 09846 – y
- [2] Oxygen promoter on copper-silver coupling for electrochemical carbon dioxide reduction catalysts. Saemi Im, Heesun Park, Yeonsoo Kim, Eunji Kwon, Somin Chae, Hyung-Kyu Lim, Sangheon Lee. *Applied Surface Science* 573 (2022) 151532 DOI : 10,1016/j.apsusc,2021,151532.
- [3] Insight into Subsurface Adsorption Derived from a Lattice-Gas Model and Monte Carlo Simulations. Mize, Carson J. and Crosby, Lonnie D. and Isbill, Sara B. and Roy, Sharani. *The Journal of Physical Chemistry C* 126, 11 (2022) 5343-5353 DOI : 10,1021/acs.jpcc,2c00342

## ME-18 Diagramas de Feynman aplicados a la mecánica estadística para el estudio de cosecha de energía.

Giuliano M<sup>1</sup>, Combi B<sup>1</sup>, Dell Erba M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Físicas De Mar De Plata, CONICET-UNMDP

Bajo el marco de las teorías estadísticas de campos y la expansión perturbativa de Feynman se encontraron resultados teóricos para los indicadores de rendimiento, tales como la potencia eléctrica entregada a una resistencia de carga y la eficiencia de conversión de energía, de un cosechador piezoeléctrico no lineal impulsado por una fuerza estocástica con distribución Gaussiana correlacionada en el tiempo.

## ME-19 Dinámica crítica en la actividad neuronal de *C. elegans*

Valencia Urbina C E<sup>1</sup>, Cannas S A<sup>2 3 4</sup>, Gleiser P M<sup>3 5</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física Médica, Centro Atómico Bariloche, CNEA, CONICET

<sup>2</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

<sup>3</sup> *CONICET*

<sup>4</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>5</sup> *Instituto Tecnológico de Buenos Aires*

Comprender la relación entre la arquitectura y la función del cerebro es una cuestión central en la neurociencia. Con este objetivo en mente, muchos estudios se han centrado en modelos animales con sistemas nerviosos pequeños, como el gusano *Caenorhabditis elegans* (*C. elegans*). Este es el primer organismo para el que se conoce su conectoma, esto es, sus neuronas y como estas están conectadas a nivel sináptico. Esto permite una abstracción del sistema neuronal en un conjunto de nodos y enlaces ponderados, permitiendo el desarrollo de un marco teórico para estudiar los principios generales de organización de las estructuras neuronales. Además, establece el primer paso en el estudio de la relación entre la estructura y función de la red, es decir, sobre los procesos dinámicos que permiten estas estructuras. En este trabajo analizamos datos experimentales de la dinámica neuronal de *C. elegans*. Estudiamos estas series temporales como procesos de puntos, reduciendo las señales continuas, observando solo los valores máximos de las señales de dinámica neuronal. Encontramos que la distribución de tiempos entre máximos presenta una distribución ancha, con un decaimiento lento. Utilizando información del conectoma del gusano, realizamos simulaciones numéricas de la dinámica neuronal utilizando un modelo propuesto por Haimovici et al. (*Physical Review Letters*, 110:178101, 2013). En este modelo, cada nodo de la red tiene asociada una variable de tres estados, correspondientes a un estado quiescente, excitado o refractario. Utilizando información del tamaño de los clusters sincronizados para definir un parámetro de orden y una medida de susceptibilidad, encontramos que el modelo presenta comportamientos compatibles con una transición de fase. El contraste del modelo con los datos experimentales muestra que los resultados obtenidos con *C. elegans* únicamente son compatibles con el modelo en el punto crítico.

## ME-20 Dinámica de una partícula browniana inducida por un ruido exponencial y la fuerza Basset

Viñales A D<sup>1</sup>, Camuyrano M<sup>1</sup>, Paissan G H<sup>2</sup> <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Centro Atómico Bariloche y CONICET*

<sup>3</sup> *Centro Regional Universitario Bariloche - Universidad Nacional del Comahue*

Investigamos la dinámica de una partícula inmersa en un fluido, modelada por una ecuación de Langevin generalizada (GLE) con una memoria exponencial e interacciones hidrodinámicas. Mediante análisis de Laplace obtenemos las expresiones analíticas exactas para la función de autocorrelación de la velocidad (VACF) y el desplazamiento cuadrático medio (MSD) de la partícula. Nuestros resultados muestran que, en el régimen asintótico temporal, la dinámica corresponde a la de una partícula gobernada por una GLE con una memoria instantánea e interacciones hidrodinámicas. No obstante a tiempos intermedios el comportamiento dinámico es cualitativamente diferente como con-

secuencia del tiempo característico de la memoria exponencial. Remarcablemente la VACF puede exhibir oscilaciones y regímenes con correlaciones negativas para determinados valores de los parámetros. Estas características fueron observadas en trabajos pioneros de simulaciones de dinámica molecular. Más aún, ciertas ondulaciones obtenidas en el MSD aparecen como un comportamiento emergente asociado a dichos regímenes intermedios [1].

[1] AD Viñales, M Camuyano, GH Paissan, *Phys. Rev. E* 101 (5) (2020) 052140

## ME-21 **Dispersión del mosquito transmisor del dengue y comportamiento social humano: dependencia con las condiciones iniciales**

Gramajo A A<sup>1</sup>, Laneri K<sup>1</sup>, Laguna M F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Física Estadística e Interdisciplinaria CAB CNEA*

Se sabe que el mosquito *Aedes aegypti* es el principal vector del dengue en Argentina, por lo que entender su mecanismo de dispersión y analizar medidas que podrían limitar su población es de vital importancia para la salud pública. Este vector se encuentra fuertemente adaptado a los entornos urbanos/domésticos ya que deposita sus huevos principalmente en contenedores artificiales de agua, tales como floreros, bebederos de mascotas, cubiertas en desuso, tanques de agua y rejillas descubiertas, entre otros. Por este motivo, el comportamiento social humano en relación al descarte y limpieza de tales recipientes, es clave a la hora de diseñar campañas de control del vector que sean eficaces.

En este trabajo abordamos este problema con un modelo de poblaciones de mosquitos espacialmente explícito que considera sus principales características biológicas y de comportamiento e incorpora parámetros que modelan el comportamiento humano [1]. Realizamos simulaciones numéricas intensivas para estudiar la variabilidad de la población total de adultos y de estadios acuáticos del mosquito, a partir de diferentes condiciones iniciales en el número y distribución de recipientes conteniendo al vector. Utilizamos valores umbrales previamente encontrados para la frecuencia en el vaciado de los contenedores y el retardo en la disponibilidad de los mismos una vez que son vaciados, a partir de los cuales la población de mosquitos se reducía significativamente. Analizamos la dependencia con las condiciones iniciales de la efectividad de descacharrado mínima necesaria para frenar la dispersión de mosquitos y limitar el tamaño de las poblaciones.

Encontramos que el valor umbral de este parámetro es independiente de la distribución y cantidad inicial de recipientes con mosquitos, lo que indica que es posible proponer estrategias de eliminación de sitios de cría aún sin tener información detallada de las condiciones locales. Pero más importante, estos resultados destacan el rol determinante del comportamiento humano en el control del vector.

[1] *Mosquito populations and human social behavior: a spatially explicit agent based model.* A. A. Gramajo, K. Laneri and M. F. Laguna, *Phys. Rev. E*. En revisión.

## ME-22 **El rol de los filopodios en la formación de patrones por inhibición lateral en procesos de di-**

## ferenciación celular

García Contreras M B<sup>1,2</sup>, Bruno L<sup>3</sup>, Guisoni N<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Hurlingham

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

<sup>3</sup> Instituto de Cálculo, FCEN, CONICET-UBA

<sup>4</sup> Centro Regional de Estudios Genómicos (CREG), Universidad Nacional de La Plata - CONICET

Un problema central en biología del desarrollo es entender cuáles son los mecanismos que dan origen a las formas biológicas. Así, el desafío consiste en entender cómo un grupo de células equivalentes da origen a diferentes patrones espacio-temporales. La inhibición lateral, a través de la vía de señalización de Notch, está involucrada en la diferenciación celular y es capaz de generar patrones a partir de un conjunto homogéneo de células. Mediante la inhibición mutua entre células que están en contacto, se amplifican diferencias en las concentraciones de las proteínas que participan de la vía de Notch y surgen diferencias fenotípicas entre las células.

Usualmente la inhibición lateral considera la interacción de células que se encuentran en contacto directo, ya que la señalización de la vía de Notch depende de proteínas que se encuentran en la membrana celular. Sin embargo, la observación de largos filopodios (extensiones citoplasmáticas) durante la formación de las cerdas en el tórax dorsal de la *Drosophila*, puso en evidencia la existencia de interacción por inhibición lateral entre células distantes.

En este trabajo utilizamos simulaciones numéricas para estudiar arreglos unidimensionales de células con filopodios que interactúan a través de inhibición lateral. Consideramos ecuaciones diferenciales no-lineales para modelar las concentraciones de las proteínas más relevantes presentes en la vía de Notch. Utilizamos dos modelos estocásticos simplificados para los filopodios que tienen en cuenta determinaciones experimentales de longitudes y tiempo de vida de los filopodios: (i) simulamos explícitamente la dinámica de crecimiento y decrecimiento de los filopodios, y (ii) sorteamos las longitudes de la distribución experimental. Se estudian distintos escenarios que consideran diferentes tipos de señalización y las dos dinámicas de filopodios. Encontramos que la presencia de filopodios aumenta el espaciamiento entre células con destino primario y que la dinámica de filopodios afecta los patrones espacio-temporales de células generados.

ME-23

## Embeddings en espacio hiperbólico de redes complejas

Fama M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

Un sistema compuesto por elementos y relaciones entre los mismos puede describirse en forma de red (o grafo), asignando nodos a dichos elementos y enlaces a sus relaciones. Bajo esta descripción, es posible analizar características del sistema original a través de conceptos específicos de redes.

Como en otros conjuntos de datos, también en el caso de redes complejas puede ser de interés una descripción reducida del sistema. Existen distintos métodos para identificar que parte de la información puede ser conveniente desacarar. Estos métodos, llamados de reducción de dimensionalidad, forman parte del llamado aprendizaje no supervisado, una de las principales áreas del aprendizaje automático. Suelen asumir que el sistema, a pesar de estar descrito en alta dimensionalidad, está contenido realmente en una variedad de menor dimensión. Encontrar dicha variedad permitiría una descripción (una representación) del sistema que puede ser más eficiente. Recientemente, estos métodos de aprendizaje de representaciones se han aplicado al caso de redes con resultados interesantes.

En este trabajo estudiamos métodos de aprendizaje de representaciones para redes complejas, en particular evaluamos representaciones obtenidas mapeando los nodos a un espacio hiperbólico. Esta variante presenta algunas ventajas frente a su contraparte euclídea, en particular para redes con estructura marcadamente jerárquica. Evaluamos distintos métodos comparando tareas de predicción de enlaces.

ME-24

## Entropy at high coverage of adsorbed rods on square and cubic lattices

Pasinetti P M<sup>1, 2</sup>, Ramirez-Pastor A J<sup>1, 2</sup>, Saravia G<sup>3</sup>, Vogel E E<sup>3, 4</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales - Universidad Nacional de San Luis*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL*

<sup>3</sup> *Departamento de Ciencias Físicas - Universidad de La Frontera, Temuco, Chile*

<sup>4</sup> *Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología, Universidad de Santiago de Chile, Chile.*

The system of adsorption of rods interacting only at excluded volume and its orientational properties has been a problem of great interest in Statistical Mechanics for many years [to mention a few works: Flory (1942), Onsager (1949), and more recently Ghosh and Dhar (2007) and Linares (2008)]. Numerous numerical studies and theoretical considerations have been made to characterize the nematic phase at intermediate coverages, but not much progress has been made in characterizing the phase without orientational order that appears at high coverage. In this work, preliminary studies of the entropy at high coverage ( $\theta \rightarrow 1$ ) of linear  $k$ -mers or rods on the square and the cubic lattice are presented, by means of MC simulations in the grand canonical ensemble and by the thermodynamic integration method (TIM). The entropy functionality for increasing  $k$  is studied and compared with the value recently proposed in Ref. [D. Dhar and R. Rajesh, Phys. Rev. E 103, 042130 (2021)] for 2 and 3 dimensions, and with other results found in the literature for the cases of dimers and trimers, finding a very good agreement with the simulation results and demonstrating the reliability of the numerical method used.

ME-25

## Estudio de grid cells de la corteza entorrinal

## modeladas por atractores flexiblesn vacío

Benas S<sup>1</sup>, Fernandez X<sup>2</sup>, Kropff E<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Fundacion Instituto Leloir*

<sup>2</sup> *Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

Las grid cells son neuronas claves en el sistema de orientación de roedores y otros mamíferos, incluyendo a humanos (Moser et al, 2007). Una grid cell se activa eléctricamente cada vez que el animal pasa por cualquier nodo de una red hexagonal imaginaria que abarca todo el espacio explorado. Los ejes de simetría y el período espacial de neuronas vecinas son iguales, de modo que sus mapas sólo pueden diferir en la fase espacial. Esta última característica podría resultar de su participación en un atractor bidimensional (McNaughton et al, 2006; Burak Fiete, 2009). Sin embargo, una arquitectura de este tipo tiene dos inconvenientes: es compleja, topológicamente homóloga a un toro, y rígida, lo que no permite grados de libertad para que las grid cells se desvíen del patrón hexagonal, como sucede bajo diversas manipulaciones experimentales. En este trabajo estudiamos cómo una arquitectura unidimensional mucho más simple es suficiente para alinear a una red de grid cells en un modelo de formación de mapas por auto-organización (Kropff Treves, 2007). Mediante análisis topológico de datos mostramos que la actividad poblacional de esta red forma un toro para cualquiera de las arquitecturas estudiadas, mientras que el conjunto de mapas conserva características de la arquitectura de la red. Nuestros resultados representan una prueba de principio contra la intuición de que la arquitectura y la variedad de un atractor son el mismo objeto topológico, con implicaciones para el estudio de las redes de atractores en cualquier área del cerebro.

ME-26

## Estudio de la relación entre las fluctuaciones de la densidad de protones en viento solar y la actividad solar

Ochoa J<sup>1</sup>, Abaca F<sup>2</sup>, Zamora J<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Dpto. Física, Fac. Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología - Universidad Nacional de Tucumán*

Los parámetros observables de viento solar como la velocidad de electrones [1], magnitud de campo magnético [2] o densidad de protones [3] son conocidos por presentar grandes fluctuaciones que no siguen una distribución gaussiana. Este tipo de distribuciones son conocidas como *heavy tails* y siguen una distribución kappa o q-gaussiana, cuya ecuación es:

$$e_q(-\beta x^2) = A[1 - (1 - q)\beta x^2]^{\frac{1}{1-q}}$$

Durante el último cuarto de siglo, una rama de la mecánica estadística está centrada alrededor de la llamada q-estadística o estadística no extensiva [4]. En este marco, las distribuciones q-gaussianas surgen naturalmente. La estadística no extensiva se reduce a la estadística usual cuando el parámetro  $q$  es igualado a la unidad.

En este trabajo mostramos que las observaciones de densidad de protones en viento solar como función del tiempo presentan distribuciones no gaussianas, y estudiaremos si el parámetro  $q$  depende de la actividad solar, medida por el parámetro  $K_p$ .

- [1] M. Maksimovic, et al., Radial evolution of the electron distribution functions in the fast solar wind between 0.3 and 1.5 AU, *J. Geophys. Res.* 110 (2005), A09104.
- [2] L.F. Burlaga, A.F. Vinas, Triangle for the entropic index  $q$  of non-extensive statistical mechanics observed by Voyager 1 in the distant heliosphere, *Physica A* 356 (2005) 375-384.
- [3] S. Gopinath, G. Santhosh Kumar, P.R. Prince, Non-extensive statistical analysis on solar activity dependence of magnetospheric dynamics, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 167 (2018) 96-106.
- [4] C. Tsallis, *Introduction to Nonextensive Statistical Mechanics Approaching a Complex World* (Springer, NY, 2009).

## ME-27 **Estudio de la respuesta magnética de un sistema de nanopartículas monodominio según la densidad a distintas temperaturas a partir del método Monte Carlo**

Soprano C<sup>1</sup>, Saracco G P<sup>1</sup>, Bab M A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas, CONICET y Universidad Nacional de La Plata*

En este trabajo se estudió un sistema de nanopartículas (NP) monodispersas ubicadas al azar en una matriz no-magnética sólida constituyendo una película. Las NPs se consideran esféricas y se encuentran fijas impedidas de rotar en celdas cúbicas de lado igual a su diámetro, el cual definió a su vez el grosor de la película. Esta condición determina que los procesos de relajación a considerar corresponden a Néel. La aproximación de partículas esféricas permite definir una única dirección preferencial de magnetización, dada por las condiciones intrínsecas de anisotropía del material (en este caso, se estudiaron hierro y magnetita), y las contribuciones superficiales y de forma. En los tamaños considerados, los momentos magnéticos de los átomos que conforman las NPs se arreglan en un monodominio magnético y se espera que roten coherentemente entre sí, con lo cual puede considerarse que cada NP posee un supermomento magnético, que sería análogo al espín en el caso de un arreglo de átomos magnéticos. El efecto de la anisotropía de la NP sobre los supermomentos es la aparición de un estado "bloqueado", en el que las nanopartículas se comportan de manera análoga a los espines de un material ferromagnético, alineándose en la dirección del eje de anisotropía o eje fácil, con lo cual se observa un ciclo de histéresis frente a la acción de un campo magnético. Este bloqueo sin embargo es un estado fuera de equilibrio cuya observación depende del tiempo de medición y el de relajación el cual depende de la temperatura (T). Con el incremento de T, las NPs se van orientando aleatoriamente a favor o en contra del eje de anisotropía, y luego a una dada T se aprecia más bien un

estado análogo al que presentan los espines en un material paramagnético (se le llama superparamagnético en este caso, o SPM). Es importante notar que no se trata de una transición de fase, ya que el sistema no está en equilibrio termodinámico, aunque es útil hacer esta analogía en términos de la aparición o no de un ciclo de histéresis. Para iniciar la simulación, se rotaron inicialmente a todas las partículas en sus celdas, tal que sus ejes de anisotropía apuntasen en la misma dirección, y a continuación se las dejaron fijas con el fin de medir la evolución de la orientación de sus supermomentos con respecto a la dirección del campo magnético externo. Éste se alinea con alguno de los ejes paralelo al plano de la película que contiene a las partículas, y se estudiaron por separado el caso donde el eje de anisotropía es paralelo al mismo, y el caso en el que son perpendiculares entre sí. Se utilizó el modelo de Stoner-Wohlfarth (SW) con interacciones dipolares para describir el hamiltoniano del sistema, teniendo en cuenta que la evolución temporal debe ser suficientemente larga para ver los efectos deseados, pero no tanto como para que el sistema evolucione al estado de equilibrio, SPM. Se obtuvieron los ciclos de histéresis a partir de simulaciones Monte Carlo para distintas densidades de las partículas y a distintas temperaturas. La evolución de la orientación de los supermomentos fue restringida a un ángulo sólido determinado por  $T$  (mayor a mayores  $T$ ). A densidades y temperaturas bajas, se recuperaron las curvas descritas por el modelo de SW (sin interacciones entre las partículas), el cual puede ser resuelto analíticamente. Se observó con el incremento de la intensidad de las interacciones dipolares la aparición de escalones de magnetización constante en los ciclos de histéresis, los cuales son compatibles con la aparición de mínimos locales de la energía. A partir de éstos, se obtuvieron el campo coercitivo y la magnetización de remanencia en función de la densidad, a distintas temperaturas. Para analizar cómo la bidimensionalidad del arreglo afecta las condiciones en las que estas interacciones se dan, al disminuir la cantidad de vecinos por partícula, los resultados obtenidos serán comparados con resultados previos del caso tridimensional de una caja cúbica.

## ME-28 Estudio de las relaciones dinámicas y estructura espacio-temporal de la propagación de frentes de incendios simulados mediante el Drossel-Schwabl Forest-Fire Model (DS-FFM)

Seijas F S<sup>1</sup>, Cornette V C<sup>2</sup>, López R H<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física - Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales Universidad Nacional de San Luis

<sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, e Instituto de Física Aplicada, INFAP (UNSL-CONICET)

Los bosques son el ecosistema terrestre más grande del mundo, desempeñando un papel muy eficaz en mantener las condiciones del suelo y el agua y regular el clima. Según estadísticas, un promedio de 200.000 incendios forestales se producen cada año en todo el mundo, estudiar la ocurrencia y propagación de incendios de forma rápida y precisa es el paso más importante en los planes de protección contra incendios y en la reducción de incendios forestales. Entre los numerosos modelos que utilizan para estudiar la propagación de los frentes de incendios, el

Forest-Fire Model (FFM) se destaca por su aplicabilidad y versatilidad, y aún hoy se siguen discutiendo sus propiedades críticas. En este trabajo implementamos el Drossel-Schwabl FFM (DS-FFM) y estudiamos las relaciones dinámicas entre la densidad de un bosque, su tasa de crecimiento y cómo se propaga el frente de fuego en una red bidimensional. Además analizamos la estructura espacio-temporal del frente de fuego simulado con el FFM, obteniendo parámetros críticos y evaluamos sus propiedades de escape. El trabajo forma parte del Programa de Investigación Institucional: ¿Prevención y gestión integral de incendios forestales? de la UNSL (Res. CS.: 237/21) y se pretende realizar un estudio interdisciplinar y sistemático de incendios reales en la Provincia de San Luis y eventualmente contrastar datos de campo con los que reporta el modelo.

## ME-29 Estudio de oscilaciones aleatorias estables en autómatas celulares asincrónicos

De Micco L<sup>1</sup>, Crespo M L<sup>2</sup>, Antonelli M<sup>1</sup>, García L<sup>2</sup>, Samayoa W F<sup>2</sup>, Silva A<sup>1</sup>, Cicuttín A<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Electrónica

<sup>2</sup> The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy

Bajo ciertas condiciones, la implementación física de redes de autómatas celulares asíncronos (ACA) presenta oscilaciones aleatorias estables. Estas oscilaciones se deben a parámetros físicos, como los tiempos de propagación de las señales, sumado al comportamiento colectivo del sistema, dado que la implementación física de los ACA es completamente combinatorial, por lo cual no existen señales de sincronismo externas. Desde el punto de vista electrónico estas oscilaciones son de interés ya que podrían utilizarse en distintas aplicaciones como cifrado, generación de número aleatorios, entre otras.

Los trabajos existentes que tratan sobre redes de células asincrónicas emplean distintos algoritmos para la selección de la célula a actualizar. En estos métodos cada evento (o actualización) ocurre (o no) en instantes de tiempo fijos, es decir, según una única frecuencia. Algunos de los métodos de actualización son el "Random independent"[1] donde en cada paso de tiempo se actualiza una célula al azar. En "Cyclic order" todas las células se actualizan consecutivamente en un orden aleatorio, en el caso de "Random order" una vez actualizadas todas las células se baraja un nuevo orden aleatorio. En "Exponential waiting times"[2] cada célula tiene un reloj que indica cuándo será actualizada. Otro método es el llamado "Transmisión de información asincrónica"[3] cada célula, en cada paso de tiempo, actualizan su estado con una probabilidad determinada. En cuanto a las implementaciones en hardware, en varios trabajos implementan en FPGA redes de ACA para emular el comportamiento de distintos fenómenos de la naturaleza, como en [4] y [5]. En ambos casos utilizan clocks internos para generar los tiempos en los que suceden las actualizaciones, generadas por diferentes métodos (como los descriptos en el párrafo anterior).

De los mencionados el método waiting times es el más cercano al que se puede encontrar en un sistema real, en el sentido de que cada célula se actualiza según un tiempo propio, sin embargo es una aproximación simplificada de lo que sucede en realidad ya que no tiene en

cuenta los efectos físicos reales de estos sistemas, como por ejemplo que la actualización en una célula tiene una retroalimentación en el sistema, que va a estar afectada por retardos fijos y variables.

En este trabajo presentamos dos modelos matemáticos simples para describir los regímenes transitorio y estacionario del sistema [6]. Los modelos se basan en suposiciones simples que toman en cuenta varios aspectos tales como: número de entradas de las células, balance de reglas y limitación tecnológica de frecuencia. Las simulaciones numéricas revelan la posibilidad de una dinámica caótica de la tasa de transición promedio de los ACA en un régimen estacionario.

Se realizaron implementaciones en FPGA (Field Programmable Gate Array) de ACA, con el objetivo de validar los modelos propuestos. Se estudió el comportamiento del sistema físico real. Los resultados experimentales preliminares muestran una muy buena concordancia cualitativa con la predicción del modelo y las simulaciones numéricas.

[1] Baetens, J. M., Van der Weeën, P., De Baets, B. (2012). Effect of asynchronous updating on the stability of cellular automata. *Chaos, Solitons Fractals*, 45(4), 383-394.

[2] Schönfisch, B. et al, (1999). Synchronous and asynchronous updating in cellular automata. *BioSystems*, 51(3), 123-143.

[3] Bouré, O. et al, (2012). Probing robustness of cellular automata through variations of asynchronous updating. *Natural Computing*, 11 (4), 553-564.

[4] Matsubara, T. et al, (2013). Asynchronous cellular automaton-based neuron: theoretical analysis and on-FPGA learning. *IEEE transactions on neural networks and learning systems*, 24(5), 736-748.

[5] Takeda, K. et al, (2017). A novel hardware-efficient cochlea model based on asynchronous cellular automaton dynamics: Theoretical analysis and FPGA implementation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 64(9), 1107-1111.

[6] Cicuttin, A., De Micco, L., Crespo, M. L., Antonelli, M., Garcia, L., Florian, W. (2021). Physical implementation of asynchronous cellular automata networks: mathematical models and preliminary experimental results. *Nonlinear Dynamics*, 105(3), 2431-2452.

ME-30

## Estudio teórico de lubricación molecular: dependencia con la longitud de las cadenas de SAMs

Perez E J<sup>1</sup>, Manzi S J<sup>2</sup>, Furlong O J<sup>2</sup>, Centres P M<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de San Luis

<sup>2</sup> Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL

Es sabido que la lubricación de una interface deslizante puede lograrse mediante la adsorción de especies químicas sobre las superficies involucradas [1]. A su vez, las monocapas auto-ensambladas (SAMs) son consideradas sistemas modelo para modificadores de fricción [2], por lo que la tribología de SAMs es estudiada de manera extensa. Se ha encontrado que la fuerza lateral disminuye con la longitud de la cadena hidrocarbonada, por lo que estos modificadores de fricción por lo general consisten de ácidos grasos con cadenas largas, donde este efecto es atribuido a interacciones de Van der Waals entre las cadenas [3]. En este trabajo presentamos un modelo teórico simple basado en el modelo de Prandtl-Tomlinson, y los resultados obtenidos son comparados con resultados experimentales, concluyendo que esta disminución de fricción con la longitud de la cadena puede ser explicada mediante efectos geométricos [4]. Por otro lado, cabe mencionar que la simpleza de este modelo permitirá su aplicación a sistemas más complejos, donde por ejemplo se podrán tener en cuenta posibles reacciones químicas inducidas por la fuerza lateral (triboquímica).

[1] H. Adams et al., *Tribology Letters* 62:12 (2016) DOI:10.1007/s11249-016-0664-0.

[2] M.I. De Barros Bouchet et al., *RSC Advances* 7:33120-33131 (2017).

[3] M.T. McDermott et al., *Langmuir* 13:2504-2510 (1997).

[4] K. Hou et al., *Tribology Letters* (2022) DOI:10.1007/s11249-022-01609-z.

## ME-31 Evolución biológica en el origen de la vida: transmisión de genes horizontal versus vertical

Schneider D<sup>1,2</sup>, Prado A<sup>3</sup>, Bouzat S<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Física Estadística e Interdisciplinaria CAB CNEA-CONICET*

<sup>2</sup> *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

<sup>3</sup> *División Dispositivos y Sensores, Centro Atómico Bariloche, CNEA, Argentina.*

Una de las teorías más aceptadas sobre la evolución biológica indica que la vida comenzó con una comunidad de organismos microscópicos que tenían la capacidad, no sólo de replicarse, sino de intercambiar material genético entre individuos mediante transmisión horizontal de genes (THG). En este trabajo estudiamos un modelo matemático para la evolución en estas primeras etapas, buscando entender cómo pudo haberse dado la transición que llevó de una etapa de evolución biológica en el que primaba la THG, a una en la que prima la transmisión vertical. El modelo base incluye los efectos de la reproducción asexual, las mutaciones puntuales y la THG. Estudiamos los cambios en la dinámica en función de los distintos parámetros del sistema. El principal resultado obtenido indica que la THG puede contribuir a acelerar el proceso por el cual emerge (sobrevive) una única especie predominante (la de mejor adaptación al ambiente), dependiendo de la configuración inicial de la población y de la predisposición de los genotipos mejor adaptados a recibir material genético externo.

## ME-32 Expansión adiabática de un gas ideal desde el punto de vista de la mecánica cuántica y de la termodinámica

Cartellone F A<sup>1</sup>, Miranda E N<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), UNCuyo, CONICET, Mendoza*

Se considera un proceso adiabático desde el punto de vista de la termodinámica (proceso sin intercambio de calor) [1] y de la mecánica cuántica (proceso en el que la población de los distintos niveles energéticos no cambia) [2] y se aplica a la expansión de un gas ideal. Se muestra que si la expansión es cuasi-estática la población de los niveles de energía no cambia aunque hay un reordenamiento de las partículas con una determinada energía entre los distintos estados degenerados. Se calculó el cambio de energía del sistema partiendo del modelo microscópico (conjunto de partículas cuánticas en un pozo infinito de potencial) y se recupera un viejo y conocido resultado termodinámico. Se muestra así que el término 'adiabático' en mecánica cuántica significa 'adiabático y cuasi-estático' en termodinámica.

[1] Landau L D, Lifshitz E M (1980), *Statistical Physics*, Butterworth-Heinemann; 3rd ed.

[2] Born M, Fock (1928), Beweis des Adiabatenatzes. *Zeitschrift für Physik A* 51 165.

## ME-33 Eyección de masa coronal durante el eclipse solar del 14 de diciembre de 2020

Abramson G<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> *Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>2</sup> *CONICET*

<sup>3</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

El eclipse solar total del 14 de diciembre de 2020, para los pocos que pudieron observarlo en medio de las restricciones de viaje impuestas durante la cuarentena covid-19, reveló una rara sorpresa: una eyección de masa coronal durante la totalidad. En este trabajo se reporta su observación y sus características morfológicas y dinámicas, a partir de su registro fotográfico cubriendo un enorme rango de dinámico. Entre otras características, se destaca que el núcleo de la eyección permanece anclado a la cromósfera una hora y media después de su inicio.

## ME-34 Gas ideal con pocas partículas en nanoconvidades

Cartellone F A<sup>1</sup>, Miranda E N<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), UNCuyo, CONICET, Mendoza*

El objetivo de este trabajo es estudiar la mecánica estadística de un sistema con pocas partículas (2 y 3) confinadas en un recinto nanométrico tridimensional modelado como un pozo de potencial infinito a bajas temperaturas ( $T < 5K$ ). Se tuvo en cuenta la naturaleza cuántica de las partículas, es decir, se distingue entre fermiones y bosones. Se calcularon las

propiedades termodinámicas usuales (energía, entropía y calor específico) usando el modelo de gas ideal en el formalismo canónico (notar que lo habitual es trabajar en el marco del formalismo gran canónico). Para obtener la función de partición respectiva se utilizaron relaciones de recurrencia conocidas [1] y se la evaluó de dos maneras diferentes. Por un lado se la aproximó utilizando la fórmula de suma de Poisson [2]. Por otra parte se la calculó numéricamente truncando la sumatoria en los primeros 100 términos. Se analizó el caso de un recipiente cúbico y uno cuasi-bidimensional.

[1] H J Schmidt J Schnack; *Physica A* 260 (1998) 479

[2] P Ghosh et al 2015 *Eur. J. Phys.* 36 055046

### ME-35 **Hiperconectividad entre redes neuronales con plasticidad sináptica de orden superior a dos**

Pallares Di Nunzio M<sup>1</sup>, Guisande N<sup>1</sup>, Montani F<sup>1</sup>, Rosso O<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET*

<sup>2</sup> *Instituto de Física, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)*

El fenómeno de la sincronización entre dos o más áreas del cerebro acopladas de forma asimétrica es relevante para entender los mecanismos y funciones dentro de la corteza cerebral. En este trabajo se utiliza un enfoque de sistemas dinámicos no lineales para simular dos hipercolumnas neuronales conectadas mediante una red feedforward con plasticidad sináptica temporal implementada a nivel de pares y tripletes de spikes. Se investiga la dinámica de la red y la transmisión de la información entre ambas hipercolumnas mediante el uso la teoría de la información simbólica multiescalar para discriminar el retardo temporal entre dos áreas del cerebro cuando intercambian información.

### ME-36 **Hospitales en Red: Estudio de los traslados de pacientes durante la pandemia de SarsCov2 mediante redes complejas**

Cicchini T<sup>1</sup>, Otero L<sup>2</sup>, Salgado A<sup>1</sup>, Yacobitti A<sup>2</sup>, Doldan Arrubarrena V<sup>2</sup>, Kochen S<sup>3</sup>, Boechi L<sup>1</sup>, Caridi D I<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto del Cálculo, UBA-CONICET*

<sup>2</sup> *Hospital de Alta Complejidad en Red, Nestor Carlos Kirchner, Área de Gestión y Planificación Estratégica*

<sup>3</sup> *Unidad Ejecutora de Estudios en Neurociencia y Sistemas Complejos (ENyS, CONICET-HEC-UNAJ), Hospital El Cruce, Pica Buenos Aires*

La pandemia de SarsCov2, iniciada a principios de 2020, puso en crisis a los sistemas de salud en todo el mundo. Los faltantes de insumos, la saturación de las camas de internación, entre otros, fueron algunos de los efectos generados en un comienzo. En particular, se generaron tensiones en el funcionamiento coordinado de distintos efectores de salud. Si bien

el funcionamiento de hospitales en red es una práctica habitual que en momentos críticos permite una optimización de los recursos físicos y humanos, facilitando la derivación de pacientes de mediana y alta complejidad entre los hospitales de la red [1], la pandemia generó cambios abruptos en la coordinación de dichas redes. Centrando el análisis en la Red de Hospitales Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, en este trabajo analizamos un aspecto de la coordinación entre centros de salud: los traslados de pacientes dentro de los 14 hospitales y módulos que conforman la red. A partir de un sistema informático construido al comienzo de la pandemia para recopilar, organizar y visualizar la información de uso y disponibilidad de camas de internación de la red de hospitales [2,3], se almacenaron todos los datos de los traslados de la Red Sudeste que hoy podemos analizar. Entendiendo a los traslados como enlaces dirigidos y temporales entre centros de salud, estudiamos el cambio en la estructura de la red a través del tiempo. A su vez, cuantificamos la complejidad de un traslado, vinculada con el tipo de cama, el riesgo clínico y el cambio en el tipo de centro de salud, para tratar de entender el funcionamiento de la red en los diferentes momentos claves de la pandemia.

Dado que la coordinación del uso de los recursos, tanto físicos como humanos, entre los hospitales de una región es un aspecto fundamental para la salud pública, y siendo que el sistema que permite almacenar información de traslados de la Red Sudeste continúa en uso, la posibilidad de entender aspectos del funcionamiento de la red resulta de suma utilidad y oportunidad. En particular, para comprender el funcionamiento de una red de hospitales en la situación de la crisis y luego de ella. Caracterizar la dinámica del uso de los recursos de la red en una situación de crisis es clave para mejorar el funcionamiento de la red, en particular frente a futuras crisis, anticipando aquellos corredores entre hospitales que tienen que tener prioridad en su mantenimiento.

[1] Clinical characteristics of vulnerable populations hospitalized and diagnosed with COVID-19 in Buenos Aires, Argentina Alejandro Yacobitti, ..., Inés Caridi, Leonardo Boechi, Silvia Kochen, *Scientific Reports* volume 11, 9679 (2021).

[2] Redes y Territorios: aportes para planificar la política de salud en nuestra región, Daniela Alvarez, Magali Turkenich, Universidad Nacional Arturo Jaureche (2020).

[3] <https://www.ic.fcen.uba.ar/institucional/herramientas/hospitales-en-red>

## ME-37 Influencia de la velocidad en dinámica de sistemas de agentes excitables.

Marcolongo B<sup>1, 2</sup>, Sibona G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Grupo de Ciencia de Materiales FaMAF, IFEG CONICET*

Se aborda el estudio de epidemias tipo SIR y SIRS con modelos de sistemas de agentes móviles que pueden transportar y comunicar información -en este caso una enfermedad-. El objetivo es analizar explícitamente el impacto de la movilidad y de la estructura espacial del sistema de agentes en la propagación. Así como también las propiedades de transporte bajo distintos regímenes de movimiento.

Para esto se construyen poblaciones con velocidades obtenidas a partir de distribuciones de tipo homogéneas -todos los agentes con la misma velocidad- y heterogéneas: exponenciales y ley de potencias. Cada individuo queda caracterizado por un estado interno (S, I o R) y un movimiento de tipo run-and-tumble, definido por una velocidad y una estrategia de cambio de dirección (modelado por un proceso de poisson). Luego, se analizan mediante simulaciones las evoluciones temporales de las poblaciones. Los resultados se contrastan con modelos de campos medios construidos a partir de las propiedades dinámicas del sistema. Se analizan también a las velocidades medias como forma de control de epidemias. Finalmente se mapean las cadenas de contagios obtenidas con las distintas estrategias de movimiento a grafos que contienen árboles de evolución de la propagación con los que se estudia la presencia e influencia de super-contagiadores en la dinámica epidémica y las topologías emergentes debido a las interacciones del sistema.

### ME-38 **Influencia del radio de deposición en el crecimiento de los DLA**

Bany M F<sup>1</sup>, Arizu J A<sup>1</sup>, Boschín G<sup>1</sup>, Candia L I<sup>1</sup>, Guarino W E<sup>1</sup>, Saromé J C<sup>1</sup>, Sanchez Varretti F O<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael*

En el presente trabajo se analiza la influencia del radio de deposición inicial de los caminantes al azar en la construcción de un Agregado Limitado por Difusión (DLA). El comportamiento de este paseo aleatorio, en la generación de este tipo de sustrato autosimilar y su localización, es de interés científico y tecnológico ya que permite inferir propiedades geométricas de las estructuras obtenidas. Una variedad de modelos se han desarrollado para estudiar los fenómenos de deposición en la naturaleza, donde diversos mecanismos de transporte llevan partículas a una superficie. Este tipo de desarrollos se han utilizado para modelar muchos procesos físicos, químicos y biológicos. En este caso se analizan distintas ubicaciones iniciales de partida de los caminantes. Las dimensiones fractales obtenidas nos dan una idea de como afecta a la estructura generada este tipo de criterios iniciales.

### ME-39 **Mapa caótico de Hénon y la dinámica no lineal neuronal**

Pallares Di Nunzio M<sup>1</sup>, Guisande N<sup>1</sup>, Rosso O<sup>1, 2</sup>, Montani F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física La Plata, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP - CONICET*

<sup>2</sup> *Instituto de Física, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)*

Uno de los ejemplos más estudiados de sistemas dinámicos no-lineales que presentan un comportamiento caótico es el mapa de Hénon. Este sistema dinámico de tiempo discreto toma un punto  $(x_n, y_n)$  en el plano y lo mapea a un nuevo punto. Las actividades cerebrales muestran comportamientos caóticos y su dinámica puede simularse mediante las salidas de sistemas caóticos como el mapa de Hénon. Sin embargo, estas observaciones empíricas carecen de apoyo teórico.

Experimentos en ciertas regiones de la corteza cerebral sugieren que la actividad de spikes de las poblaciones neuronales está regulada por entradas comunes no gaussianas a través de las neuronas. En este trabajo se estudian las desviaciones del paseo aleatorio simuladas mediante procesos que presentan distribuciones con deformaciones más allá de una estadística Gaussianas en neuronas de umbral simple. Y se investigan las propiedades de escala en grandes poblaciones neuronales. Se considera el efecto de la interacción sináptica, así como la conectividad estructural en la transición de sincronización en redes de neuronales. Se tiene en cuenta la plasticidad sináptica a nivel de pares y tripletes en la población neuronal implementando una red de neuronas excitatorias e inhibitorias que emulan la actividad de la corteza cerebral.

Se demuestra que los mapas de Hénon tienen una dinámica equivalente a la de los modelos no lineales con inputs no Gaussianos y a los modelos de poblaciones neuronales con plasticidad sináptica que presentan interacciones a través de pares y tripletes de spikes.

## ME-40 Mecanismos de la polarización ideológica en modelos de opinión

Pedraza L<sup>1 2</sup>, Zimmerman F<sup>3 4 1</sup>, Navajas J<sup>3 4</sup>, Balenzuela P<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Instituto de Física de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales CONICET-Universidad de Buenos Aires*

<sup>3</sup> *Laboratorio de Neurociencia, Universidad Torcuato Di Tella*

<sup>4</sup> *CONICET*

Explicar la creciente polarización que viven nuestras sociedades es uno de los desafíos más importantes en el desarrollo de modelos de opinión de los últimos tiempos. Uno de los mecanismos principales que actúan típicamente en estos modelos es la homofilia, por la que las personas prefieren interactuar y ser influenciadas por otras personas con pensamientos similares. Sin embargo, trabajos empíricos recientes demuestran, además, la existencia de una preferencia a interactuar con personas políticamente coherentes. Desarrollamos un modelo de agentes en dos dimensiones que combina estos dos mecanismos y lo resolvimos analíticamente. Este modelo nos permite explicar fenómenos que observamos en los modelos empíricos como por ejemplo diferencias en el tipo de polarización que se produce cuando los temas a debatir están correlacionados o cuando no lo están.

## ME-41 Modelo de enjambre de burbujas en ultrasonido

Blengino Albrieu J L<sup>1</sup>, Zaccari D G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales - Universidad Nacional de Río Cuarto*

En este trabajo se presenta un modelo de cluster de burbujas implosionando en un medio líquido sometido a ultrasonido. Para ello se modela la transferencia de calor de una burbuja al

medio en un ciclo debido al ultrasonido, y a partir de allí se produce un enjambre de burbujas con una distribución estadística dada. En este contexto se toman decisiones respecto de las burbujas, manteniéndolas fijas o redistribuyendo su ubicación cada cierta cantidad de ciclos. Se muestran resultados de simulación numérica de este modelo

## ME-42 **Modelo matemático para la población de *Aedes aegypti* en la provincia de Buenos Aires. ¿Por qué el mosquito coloniza el sur de la provincia?**

Alonso L<sup>1</sup>, Solari H<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Investigación en Energías No Convencionales, CONICET-UN de Salta*

<sup>2</sup> *Depto. Física, FCEyN (UBA) - IFIBA - CONICET*

Desde que se descubrió el rol del mosquito *Aedes aegypti* como vector transmisor de enfermedades en regiones tropicales, surge la pregunta sobre cómo el mosquito logra propagar las enfermedades en regiones con clima templado. Con el tiempo la evidencia mostró que el mosquito puede sobrevivir el invierno en dichas regiones en la forma de huevos. En Sud América, la isoterma de invierno de 15°C parecía ser un buen criterio para delimitar la supervivencia del mosquito.

Trabajos recientes indican que *Ae. ae.* ha logrado establecerse en regiones más frías, al sur de la isoterma de 14.5°C. Las razones por las que el mosquito se está desplazando hacia el sur permanecen desconocidas. Dos hipótesis han sido planteadas: Cambio climático y Desarrollo adaptativo. La última década ha sido más calurosa y más seca que las anteriores. Mientras que el aumento en la temperatura favorece la expansión del mosquito, la disminución de las lluvias la desfavorece.

En el año 2019 se encontró que *Ae. ae.* recolectado en la provincia de Buenos Aires posee el mecanismo de diapausa: las hembras ponen huevos preparados para un largo periodo de inactividad cuando las horas de luz solar diarias son menores a 12. Pareciera entonces que una estrategia para sobrevivir al invierno en regiones templadas es la de inhibir la eclosión de huevos durante el invierno.

Exploramos en este trabajo las preguntas ¿Pueden estos factores biológicos explicar la expansión de *Ae. ae.*? ¿Cuan al sur puede llegar? Abordamos este problema utilizando la última versión de un modelo poblacional detallado (estocástico y con espacialidad) para *Ae. ae.* que utiliza el clima y la dinámica de la producción de alimento. Incorporamos el mecanismo de diapausa y realizamos simulaciones para distintas ciudades de la provincia de Buenos Aires.

## ME-43 **Modelos estocásticos en Ecología y sus versiones deterministas**

Suarez D L<sup>1</sup>, Laguna F<sup>2</sup>, Guisoni N<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.*

<sup>2</sup> *Grupo de Física Estadística e Interdisciplinaria, Centro Atómico Bariloche - CONICET*

<sup>3</sup> *Centro Regional de Estudios Genómicos (CREG), Universidad Nacional de La Plata - CONICET*

La Ecología es la primera rama de la Biología en la que se construyeron modelos cuantitativos. La relevancia del uso de modelos matemáticos en Biología se debe en parte a su capacidad predictiva, pero también a que son una herramienta útil para ordenar y sistematizar supuestos y de esa manera contribuir a elucidar el comportamiento de sistemas biológicos complejos. Los modelos matemáticos en Ecología a menudo se plantean en base a ecuaciones diferenciales. Éstas en general son estudiadas numéricamente debido a la no-linealidad de los términos involucrados. Los modelos de ecuaciones diferenciales encontrados en la literatura usualmente son fenomenológicos y aunque deben ser consistentes con el fenómeno a ser estudiado, son propuestos en forma ad-hoc. Ejemplos paradigmáticos son los modelos tipo depredador-presa, que involucran más de una especie con alguna relación de competencia entre ellas, o el modelo de crecimiento logístico para una sola especie. Otro camino posible es la utilización de modelos estocásticos, como por ejemplo los modelos basados en individuos. Estos pueden ser estudiados exactamente a través de simulaciones de Monte Carlo, o abordados analíticamente utilizando el formalismo de la ecuación maestra. Para un modelo basado en individuos es posible derivar analíticamente su correspondiente modelo basado en ecuaciones diferenciales, vía campo medio o aún considerando diferentes aproximaciones para las fluctuaciones. A diferencia de los modelos ad-hoc comentados anteriormente, en este caso las ecuaciones diferenciales se derivan a partir de primeros principios. Una de las ventajas de los modelos construidos de esta forma es que estos proponen mecanismos de funcionamiento para los sistemas en estudio, en vez de simplemente hacer una descripción matemática de los mismos. Además, de esta forma, es posible incorporar procesos cuyos términos muchas veces no son determinados correctamente en forma ad-hoc.

En el presente trabajo desarrollamos analíticamente la ecuación maestra y encontramos una ecuación de campo medio para dos modelos de individuos espacialmente explícitos: a) un modelo de una especie donde consideramos los procesos de nacimiento, extinción y difusión, y b) un modelo metapoblacional de tres especies que considera depredación, colonización, extinción y competencia jerárquica entre herbívoros. Comparamos la solución numérica de los resultados de campo medio con los resultados exactos obtenidos por medio de simulaciones de Monte Carlo.

## ME-44 Modelos matemáticos y técnicas de aprendizaje automático para el estudio del movimiento animal

Córdoba D<sup>1 2</sup>, Kazimierski L D<sup>3 2</sup>, Kubisch E<sup>3 4</sup>, Echave M E<sup>5</sup>, Catalano N<sup>2</sup>, Laneri K<sup>3 2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>3</sup> CONICET

<sup>4</sup> Centro Regional Universitario Bariloche - Universidad Nacional del Comahue

<sup>5</sup> Independiente

La tortuga terrestre *Chelonoidis chilensis* es una especie que se encuentra en estado vulnerable a nivel nacional e internacional, siendo el reptil autóctono más comercializado en el mercado ilegal de mascotas de Argentina. Los estudios en campo son escasos, debido a su baja

densidad y a que es difícil detectarla en su hábitat natural, lo que provoca la falta de datos necesarios para su estudio y conservación. Las técnicas de aprendizaje automático pueden ayudar a resolver este problema; con ellas es posible clasificar comportamientos de los animales utilizando señales de sensores inerciales colocados sobre el animal. En este trabajo se empleó una unidad de navegación desarrollada en nuestro grupo interdisciplinario, que cuenta con acelerómetros, giróscopo, GPS, y termómetro. Se analizaron datos recolectados con este dispositivo sobre tortugas silvestres, en campos cercanos a la ciudad de San Antonio Oeste (Prov. de Río Negro), durante dos campañas de 5 días cada una, realizadas en noviembre de 2020 y enero de 2021 respectivamente. También se recolectaron datos de tortugas de una especie emparentada, *Chelonoidis denticulata*, en el Parque Amaru de la Ciudad de Cuenca, Ecuador y se grabaron sus movimientos con cámaras de vigilancia. Se logró diseñar un algoritmo capaz de distinguir cuando una tortuga se mueve o no, con una precisión de 99.83 %. Además, se estudió la relación entre la temperatura medida sobre el caparazón de la tortuga y su movimiento. En la próxima etapa del estudio se explorará la implementación de cambios en la unidad de navegación, como la adición de sensores (sonido, cámaras) que permitan etiquetar datos, así como también la programación del algoritmo de adquisición de datos para mejorar la duración de la batería. Finalmente, se desarrollará un algoritmo de aprendizaje automático capaz de reconocer otras actividades de la tortuga, tales como caminar, comer, copular o poner huevos. Conocer cuándo y dónde las tortugas realizan la mencionadas actividades, contribuirá a la planificación de programas para su conservación.

## ME-45 Modelos sustitutos de ondas gravitacionales utilizando machine learning automatizado

Barsotti D<sup>1</sup>, Cerino F<sup>1</sup>, Tiglio M<sup>1</sup>, Villanueva A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba

Analizamos una metodología para predecir ondas gravitacionales producidas por sistemas binarios compactos, basada en machine learning automatizado (AutoML), utilizando alrededor de cien modelos de regresión diferentes, sin tener que recurrir a un análisis y ajuste manual de hiperparámetros caso por caso. El estudio particular de este trabajo está dentro del contexto de ondas gravitacionales emitidas por la colisión de dos agujeros negros sin espín en órbita inicial cuasi circular. Encontramos, por ejemplo, que enfoques de regresión como el de procesos gaussianos con bases radiales proporcionan una solución suficientemente precisa. Los resultados sugieren que AutoML podría proporcionar un marco para realizar regresiones en el campo de los modelos sustitutos de ondas gravitacionales [1]. El estudio se encuentra dentro del contexto de modelos sustitutos de simulaciones en supercomputadoras de relatividad numérica (NR) a partir de bases reducidas y el método de interpolación empírica, donde encontramos que, para el caso particular analizado, AutoML puede producir modelos sustitutos que son esencialmente indistinguibles de las simulaciones de NR [2].

[1] Reduced order and surrogate models for gravitational waves (2021). arXiv:2101.11608 [gr-qc]

[2] Gravitational wave surrogates through automated machine learning (2021). arXiv:2110.08901

[gr-qc]

## ME-46 Múltiples vías de acoplamiento en la sincronización de osciladores génicos durante el desarrollo embrionario

Wappner M<sup>1</sup>, Uriu K<sup>2</sup>, Morelli L G<sup>3</sup><sup>1</sup> Instituto de Investigación en Biomedicina de Buenos Aires - CONICET<sup>2</sup> Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Japan<sup>3</sup> Instituto de Investigación en Biomedicina de Buenos Aires - MPSP - CONICET

El fenómeno emergente de sincronización proporciona un paradigma de orden dinámico ampliamente estudiado en sistemas biológicos. Durante el desarrollo embrionario de los vertebrados, el eje del embrión se elonga y se generan los segmentos que serán los precursores de estructuras repetitivas, como las costillas y las vértebras. Este patrón de segmentos surge de la sincronización de una población de osciladores acoplados. Las células del tejido sin segmentar expresan una red de autoinhibición que puede dar lugar a oscilaciones génicas. Estos osciladores se acoplan entre sí a través de la vía de señalización Delta-Notch. Cada oscilador regula la síntesis de la proteína DeltaC, que junto con DeltaD, cuya síntesis no está regulada, activan Notch en células vecinas. Mutaciones en los distintos componentes de la vía de señalización generan defectos en la formación de los segmentos, y se piensa que la causa es la pérdida de sincronización de los osciladores. En particular, es sorprendente que una mutación en DeltaD, cuya síntesis no está regulada, también genere defectos en la segmentación. En este trabajo proponemos un modelo que describe la concentración de componentes del oscilador y de la vía de señalización. El modelo está formulado como un sistema de ecuaciones diferenciales con retardo, acopladas por un campo medio. Empleando el modelo, exploramos distintos escenarios de acoplamiento y los contrastamos con evidencia experimental existente de perturbaciones a la vía Delta-Notch. El análisis revela mecanismos posibles para el rol de DeltaD en la sincronización de los osciladores, y sugiere experimentos que podrían poner a prueba los distintos escenarios. Desde una perspectiva más amplia, nuestro trabajo ilustra los efectos de mecanismos de acoplamiento complejos en los que la comunicación ocurre a través de múltiples vías.

## ME-47 Noise effects on an integrative cancer model

Reale M V<sup>1 2</sup>, Margarit D H<sup>1 3</sup>, Scagliotti A F<sup>1 3</sup>, Impróvola S C<sup>1</sup>, Romanelli L M<sup>1 3</sup><sup>1</sup> Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería e Innovaciones Tecnológicas - Universidad Nacional de La Matanza<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

In our previous work [1], we presented a model that integrates cancer cell differentiation and immunotherapy, emphasizing the relationship between cancer cells at different differentiation stages and the main immune system cells, and analysed how a particular therapy against

cancer stem cells (cytotoxic cell vaccines) influenced the system. As every biological system is exposed to random fluctuations (for example, there could be some random variation in the number of births and deaths of the cells), it is important to study the stochastic model. Here, using numerical simulations, we study the influence of the demographic and multiplicative noise in the system. On the one hand, we considered demographic noise on the parameters related to reproduction rate and death rate due to natural processes of both cancer stem cells and non-cancer stem cells. On the other hand, we incorporated fluctuations by adding multiplicative noise to the system equations. In both cases, we analysed the dynamics for different values of the parameters mentioned before. We obtain that for different combinations of these parameters and noise intensity, the final amount of cancer cells decreases.

1. Margarit, D. H., González, N. S., Romanelli, L. M., Fendrik, A. J., Scagliotti, A. F., and Reale, M. V., *Phys. Biol.* 18, 066007 (2021)

## ME-48 **Ocupación y Diagrama de Fase en Clatrato Hidrato sl de Metano; Comparación de un modelo de gas de red 2D y Simulaciones de Monte Carlo con resultados experimentales**

Longone P J<sup>1</sup>, Ramirez-Pastor A j<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL*

En este trabajo se ha aplicado, un modelo de gas de red en 2D y simulaciones de Monte Carlo para el estudio de ocupación y diagramas de fases para el hidrato de metano en estructuras sl. El estudio se realiza mediante el cálculo de isotermas de adsorción de metano en cavidades pequeñas y grandes a diferentes temperaturas. Luego, se realizaron comparaciones cuantitativas de nuestro modelo 2D con diferentes simulaciones en tres dimensiones y experimentos que se encuentran en la literatura. Por otra parte, con los datos obtenidos es posible calcular el calor de encapsulación de la especie metano cuando ingresa a las diferentes cavidades. Las isotermas de adsorción, los calores de encapsulación (a diferentes temperaturas), como así también las ecuaciones de coexistencia de fases (ecuación de Clausius-Clapeyron para gases reales), nos permitieron determinar el diagrama de fase presión vs temperatura para el hidrato clatrato de metano. Estos diagramas de fase presentan un buen acuerdo con los experimentos que se reportan actualmente en la literatura.

## ME-49 **Oscilaciones epidémicas: interacción entre delays y estacionalidad**

Abramson G<sup>1 2 3</sup>, Gonçalves S<sup>4</sup>, da Costa Gomes M F<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Centro Atomico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>2</sup> *CONICET*

<sup>3</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>4</sup> *Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil*

<sup>5</sup> *Programa de Computação Científica, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brazil*

Los modelos epidémicos tradicionales consideran que los procesos individuales ocurren a tasas constantes: un individuo tiene una probabilidad constante por unidad de tiempo de recuperarse de la infección después del contagio. Esta suposición es falsa para la mayor parte de las enfermedades infecciosas, en las cuales el tiempo de infección obedece a una distribución de probabilidad más o menos extendida alrededor de un valor medio. En este trabajo presentamos un tratamiento general para un modelo SIRS en el cual tanto el tiempo de infección como el de pérdida de inmunidad admiten una descripción de este tipo. Más aun, mostramos que un efecto estacional en la tasa de infección da lugar a un escenario rico y complejo de oscilaciones que podría ser relevante en epidemias reales.

## ME-50 Procesos no lineales de relajación en densidad de protones en viento solar

Abaca F<sup>1</sup>, Ochoa J<sup>1</sup>, Zamora J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología - Universidad Nacional de Tucumán

La función de autocorrelación  $C(\tau)$  es un observable que describe la relajación de un sistema hacia su estado estacionario. Esta suele tener una forma de decaimiento exponencial. Sin embargo, en sistemas fuera de equilibrio como el viento solar, se observa que algunos parámetros presentan una caída más lenta, descrita por la función potencia:

$$e_q(\tau) = [1 - (1 - q)\tau]^{\frac{1}{1-q}}$$

Esta función es conocida como q-exponencial, y se reduce a una exponencial usual cuando el parámetro  $q$  tiende a 1. Este es el caso de, por ejemplo, la magnitud de campo magnético [1] y la densidad de protones [2] en viento solar.

Una rama de la mecánica estadística llamada q-estadística o estadística no extensiva [3,4] puede describir estos procesos de relajación meta-estables naturalmente. En este trabajo utilizamos la estadística no extensiva para describir los procesos de relajación de la densidad de protones en viento solar y estudiamos la dependencia del parámetro  $q$  con períodos de calma y de gran actividad solar, caracterizados por el parámetro  $K_p$ .

[1] L.F. Burlaga, A.F. Vinas, Triangle for the entropic index  $q$  of non-extensive statistical mechanics observed by Voyager 1 in the distant heliosphere, *Physica A* 356 (2005) 375-384.

[2] S. Gopinath, G. Santhosh Kumar, P.R. Prince, Non-extensive statistical analysis on solar activity dependence of magnetospheric dynamics, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 167 (2018) 96-106.

[3] C. Tsallis, *Introduction to Nonextensive Statistical Mechanics Approaching a Complex World* (Springer, NY, 2009).

## ME-51 RELACION ENTRE LA GENERALIZACION DE PRABHAKAR Y LA FUNCION MITTAG-LEFFLER

## EN EL CALCULO FRACCIONARIO

Di Bárbaro E M<sup>1</sup>, Acevedo A d C<sup>1</sup>, Leguizamón G N<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca*

<sup>2</sup> *Dep. Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca*

El cálculo fraccionario y la teoría de funciones especiales que se trabajan en dicho cálculo, en los últimos 50 años han logrado atraer la atención de la comunidad investigadora en matemática y en física. En particular, las estrictas conexiones entre estos dos temas de investigación, han actuado como fuerza impulsora de los últimos desarrollos sobre estos tópicos. El interés de estas funciones especiales se debe a que, en el cálculo fraccionario, desempeñan un rol importante en la teoría de las ecuaciones diferenciales de orden fraccionario, es decir, no entero y, también debido a que se ha vuelto un tema de creciente apogeo en las matemáticas por sus aplicaciones en física e ingeniería. Sin embargo, durante el siglo XX, la función Mittag-Leffler era prácticamente desconocida para la mayoría de los científicos, ya que fue ignorada en la totalidad de los libros sobre funciones especiales. Una extensión de la función Mittag-Leffler de tres parámetros fue introducida por el matemático hindú Tilak Raj Prabhakar, en 1971. Aunque esta función fue originalmente analizada dentro del marco de ecuaciones integrales de Volterra, luego resultó que jugaría un papel importante en la descripción de anomalías de relajación dieléctrica, un material dieléctrico es un mal conductor de la electricidad. El objetivo de este trabajo es mostrar los principales tópicos y propiedades sobre la generalización de Prabhakar en el cálculo fraccionario y su relación con la función Mittag-Leffler.

ME-52

### Resumen trabajo maestría

Ilauradó harvey p<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

El trabajo se centra en el estudio de la dinámica de especies ecológicas, en el contexto de redes tróficas. Específicamente, estamos interesados en estudiar como la fragmentación del habitat natural de las especies afecta al equilibrio ecológico preexistente. Parte del trabajo se centra en el modelado de estos espacios heterogeneos mediante grafos, estudiando sus propiedades y características. Por otro lado, se realizan simulaciones computacionales de la dinámica de las especies sobre estas redes, estudiando así el impacto que tienen diferentes propiedades topológicas de los grafos empleados. Otra parte del trabajo se centra en un desarrollo analítico, cuyo objetivo es estudiar la dependencia entre la densidad de individuos de cada especie con ciertas propiedades como el grado de los nodos. Esto también se contrasta con las simulaciones computacionales, y permite en cierta manera entender mejor el impacto que tienen las diferentes propiedades de los nodos y de los parámetros utilizados en el equilibrio final observado.

ME-53

### Segregación mediada por interacción en una mezcla de materia activa y pasiva.

Barone E<sup>1</sup>, Florio B<sup>1</sup>, Patterson G<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

<sup>2</sup> *Instituto Tecnológico de Buenos Aires*

La materia activa está constituida por agentes que, ya sea por consumir energía propia o del medio, pueden propulsarse. Los sistemas compuestos por este tipo de materia pueden presentar comportamientos no intuitivos como, por ejemplo, transiciones de fase, autoorganización, formación de patrones, etc. Los ecosistemas bacterianos son uno de los ejemplos naturales donde partículas activas interactúan con especies pasivas. Se ha observado que la mezcla de materia activa con materia pasiva puede producir segregación y orden de esta última.

El objetivo de este trabajo es el de caracterizar un sistema confinado compuesto por un número arbitrario de partículas pasivas que estarán afectadas por la presencia de una partícula activa. Para esto se dispone de un KILOBOT [1] que se mueve estocásticamente en un recinto circular cerrado y partículas circulares pasivas con el tamaño característico del robot. Se observó que la materia pasiva se acumula en los bordes del recinto formando grupos y se caracterizó el orden emergente como función de la densidad de partículas pasivas y, además, se estudiaron las características que presentan las trayectorias de la partícula activa.

[1] <https://www.k-team.com/mobile-robotics-products/kilobot>

## ME-54 Seguidores y contrarios bajo influencia de una propaganda oscilante: consenso, bi-estabilidad y resonancia estocástica

Gimenez M C<sup>1,2</sup>, Reinaudi L<sup>3</sup>, Vázquez F<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

<sup>2</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>3</sup> *Instituto de Investigaciones Físico-Químicas de Córdoba, CONICET-UNC*

<sup>4</sup> *Instituto de Cálculo, Facultad de Cs. Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires*

Estudiamos la dinámica de opiniones en una sociedad, bajo la influencia de una propaganda oscilante y ruido estocástico. Cada agente de la población puede elegir entre dos opiniones posibles –a favor ó en contra de un tema, y se le permite actualizar su opinión siguiendo uno de dos comportamientos, seguidor o contrario: adopta la opinión de un vecino al azar con probabilidad  $p(t)$  (comportamiento seguidor ó votante), ó toma la opinión contraria con probabilidad  $1 - p(t)$  (comportamiento de contrario). La probabilidad de imitación  $p(t)$  es controlada por la temperatura social  $T$ , y varía en el tiempo de acuerdo a un campo periódico que simula la influencia de una propaganda externa, de forma que un agente es mas proclive a adoptar una opinión que se alinea con el campo. Encontramos cuatro comportamientos diferentes al variar la temperatura: consenso para  $T = 0$ , bi-estabilidad entre los dos estados de consenso para  $T < T_c$ , un comportamiento oscilatorio para  $T > T_c$ , y desorden total para  $T \gg 1$ , donde  $T_c$  es una temperatura de transición. En el régimen oscilatorio, la opinión media de la población oscila en el tiempo siguiendo al campo, con una amplitud que tiene su máximo en una temperatura intermedia, y un retraso respecto del campo que disminuye

con la temperatura. Además, encontramos una temperatura óptima para la que la respuesta del sistema al campo externo se hace máxima, i.e., resonancia estocástica.

## ME-55 Statistics of multiple excluded states in lattice-gas model of straight rigid k-mers: Theory and Monte Carlo simulations

Riccardo J J<sup>1</sup>, Pasinetti P M<sup>1</sup>, Vogel E E<sup>2, 3</sup>, Riccardo J L<sup>1</sup>, Ramirez Pastor A J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INFAP-CONICET, Universidad Nacional de San Luis

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Físicas - Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

<sup>3</sup> Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología, Universidad de Santiago de Chile, Chile.

In this work the state exclusion in the linear k-mers problem on the square lattice is studied through MC simulation and analytically. Focus is made on multiple state exclusions and its relation to the thermodynamic potentials and exclusion spectrum function put forward in [1]. A transformed effective lattice approximation is introduced to calculate the coverage dependence of state exclusion probabilities and chemical potential. Close relations are analytically obtained for  $k = 2$  and  $k = 3$  showing a remarkable agreement with MC simulation. The effect of correlations between k-mer's size and neighboring empty site's location, as well as between k-mer's orientation, on the exclusion probabilities and thermodynamic potentials is discussed. Close analytical forms for the chemical potentials and exclusion spectrum functions of dimers ( $k = 2$ ) and trimers ( $k = 3$ ) are obtained.

Keywords: lattice gas thermodynamics, Monte Carlo, multisite occupancy, exclusion statistics  
[1] J. J. Riccardo, J. L. Riccardo, A. J. Ramirez-Pastor, and P. M. Pasinetti, Phys. Rev. Lett. 123, 020602 (2019).

## ME-56 Reducción de efectos no lineales en amortiguadores granulares mediante el uso de obstáculos

Gómez Paccapelo J M<sup>1</sup>, Suarez R E<sup>1</sup>, Ferreyra M V<sup>1, 2</sup>, Pugnaloní L A<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Un amortiguador granular (AG) es un dispositivo que utiliza las propiedades disipativas de los materiales granulares para reducir la amplitud de vibración de diferentes sistemas mecánicos. Los AG son de fácil construcción y de bajo costo y mantenimiento. El diseño más simple de un AG consiste en un recinto hueco que contiene partículas sólidas en su interior. El movimiento del recinto transfiere cantidad de movimiento a las partículas que a su vez disipan energía cinética gracias a las colisiones inelásticas y a la fricción. Lamentablemente la dinámica del sistema es no-lineal y da origen a comportamientos no periódicos y cambios abruptos en la capacidad de amortiguación ante pequeños cambios en variables de control como frecuencia y amplitud de la vibración. En este trabajo experimental se estudió el factor

de amortiguación de un AG simple comparado con uno que cuenta con obstáculos en su interior. Los obstáculos tienen el fin de disminuir la no-linealidad. Analizamos la respuesta del AG a diferentes frecuencias y amplitudes de vibración midiendo la fuerza aplicada sobre el recinto y la aceleración resultante para calcular el factor de amortiguación del AG. Para amplitudes grandes se observa un fenómeno conocido como *collect-and-collide*, que aparece cuando la masa granular en el interior del recinto se mueve como una masa compacta en sincronía con el mismo. Este fenómeno produce un crecimiento abrupto del factor de amortiguación. En presencia de obstáculos éste fenómeno parece disiparse, presentando un factor de amortiguación sin cambios abruptos al variar la amplitud de vibración. Este efecto puede ser explotado para disponer de un factor de amortiguación constante en aplicaciones donde las amplitudes de vibración presentan variaciones apreciables.

### ME-57 **Transición de fase en un modelo de formación de opinión que presenta emergencia espontánea.**

Amado N<sup>1</sup>, Gaudio M E<sup>1 2</sup>, Revelli J A<sup>1 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Centro de Investigación y Estudios de Matemática de Córdoba, CONICET - UNC*

<sup>3</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

El estudio de la complejidad en el contexto de los sistemas interdisciplinarios ha dado lugar a un buen número de fenomenología que reflejan distintos grados de importancia al analizar distintas situaciones.

En trabajos recientes, algunas propiedades y comportamientos no monótonos fueron observados al analizar el modelo cuasi no paramétrico de Sznajd. Estas propiedades resultaron ser la consecuencia de la organización jerárquica supuesta en el sistema. En particular, y fundamentalmente, se pudo observar el surgimiento espontáneo de una tercera posición. Además, la naturaleza de este comportamiento fue debidamente explicado mediante un marco entrópico el cual dió lugar a una comprensión profunda de las características observadas.

En ese sentido se pudo detectar diferentes zonas de impredecibilidad y se mostró que la dinámica más intensa manifestada por el sistema se produce dentro de una zona de máxima impredecibilidad. Se pudo concluir que la debilidad en las condiciones estructurales iniciales podría estar asociadas, en el régimen de impredecibilidad, a un favorecimiento de la emergencia de un nuevo patrón.

En el presente trabajo se estudia otro aspecto importante relativo a la respuesta presentada en dicho modelo. Por medio de simulaciones numéricas, se observan fuertes indicios acerca de una transición de fase de primer orden en la emergencia espontánea de una tercera posición. El fenómeno se manifiesta en un abrupto cambio en la probabilidad de ganar de dicha posición, tomando como parámetro de orden a la 'apatía social' o razón de no participación en la dinámica del modelo. En esta etapa de la investigación se consideraron diferentes condiciones iniciales de adherencia de las posiciones activas distribuidas aleatoriamente.

### ME-58 **Transiciones de fase orientacionales y com-**

## portamiento crítico en monocapas de varillas rígidas con interacciones multipolares: El caso de adsorción de 2-thiopheno sobre la superficie (111) de Oro

dos Santos G<sup>1 2 3</sup>, Cisternas E<sup>4</sup>, Vogel E<sup>4 5</sup>, Ramirez Pastor A<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CONICET

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza

<sup>3</sup> Instituto de Física Aplicada, CONICET-UNSL

<sup>4</sup> Departamento de Ciencias Físicas - Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

<sup>5</sup> Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología, Universidad de Santiago de Chile, Chile.

En este trabajo se estudió el comportamiento crítico de un sistema de varillas rígidas con interacciones multipolares adsorbidas sobre una red triangular. Mediante simulaciones de Monte Carlo del modelo de gas de red y técnicas de escaleo de tamaño finito determinamos el cubrimiento crítico y los exponentes críticos de la transición Isotrópico-Nemática presente en este sistema. El modelo fue inspirado por la deposición de moléculas de 2-thiopheno sobre la superficie (111) de oro, la cual fue caracterizada previamente mediante técnicas experimentales y de DFT. Experimentalmente se observa una fase Nemática (ordenada) inducida por la formación de una monocapa autoensamblada, la cual está separada de una fase isotrópica mediante una transición de fase continua. Los resultados del modelo reproducen las observaciones experimentales y aportan evidencia de los posibles mecanismos de formación de la monocapa autoensamblada. Además, mediante una precisa determinación de los exponentes críticos, encontramos que la transición pertenece a la universalidad de Potts de 3 estados. En el análisis de escaleo de tamaño finito hemos incluido el estudio de cantidades tales como la mutabilidad y la diversidad. Estos indicadores se derivan de la teoría de la información y no han sido previamente considerados como parte del tratamiento convencional de los fenómenos críticos para la determinación de los exponentes críticos.

## ME-59 TSAOpy: un paquete de Python para modelar series temporales como osciladores anarmónicos

Scozziero S A<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

Analizar el comportamiento de series temporales es de interés para diversas áreas científicas y tecnológicas. Los métodos usualmente desarrollados como redes neuronales, medias móviles, el modelo de Grey, entre otros, consisten en modelos ad hoc optimizados o entrenados en base a las observaciones. Si bien estos métodos son empleados en la predicción de valores futuros, no necesariamente brindan información acerca de los fenómenos subyacentes que generan la serie temporal. [1]

En este trabajo se desea trabajar con modelos que permitan extraer tal información. La meto-

dología consiste en el modelado de series temporales a través de la simulación con ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs) con parámetros libres, y el ajuste de estos parámetros con la optimización de 'maximum likelihood'. [2]

El propósito específico es desarrollar una librería de software que permita al usuario modelar y ajustar series temporales a las EDOs propuestas, ecuaciones con la forma de 'osciladores anarmónicos', osciladores con términos extra que desvían su comportamiento del armónico ideal. Algunos casos particulares son los osciladores de Duffing y de Van der Pol, dos modelos no lineales ampliamente estudiados en la literatura física. [3-4]

El método de ajuste empleado es MCMC. Fue elegido ya que es derivado de la estimación de la máxima probabilidad, permite trabajar con modelos de muchos parámetros y sin leyes matemáticas cerradas, y permite obtener distribuciones de probabilidad y estudiar las correlaciones entre los parámetros. [5]

La motivación de desarrollar esta metodología es poder obtener una ecuación diferencial (ED) que modele el sistema, lo que ofrece dos ventajas. En primer lugar, permite pensar los términos de la ED como desarrollos en serie de las fuerzas de roce y potencial, modelando ya no sólo del movimiento oscilatorio en sí, si no los fenómenos actuantes. En segundo lugar, contar con una ED permite hacer un análisis teórico integral como obtener trayectorias en el espacio de fases, ciclos límites, regiones de estabilidad, aproximaciones analíticas de la frecuencia y conservación de la energía, etc, desde la dinámica no lineal. [3-4],[6-7]

[1] Deb, C., Zhang, F., Yang, J., Lee, S. E., and Shah, K. W. (2017). A review on time series forecasting techniques for building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 902-924.

[2] Smirnov, D. A., and Bezruchko, B. P. (n.d.). *Nonlinear Dynamical Models from Chaotic Time Series: Methods and Applications*. In *Handbook of Time Series Analysis* (pp. 181-211). Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA. <https://doi.org/10.1002/9783527609970.ch8>

[3] Jordan, D., and Smith, P. (2007). *Nonlinear ordinary differential equations* (4th ed.). Oxford University Press.

[4] Kovacic, I., and Brennan, M. J. (Eds.). (2011). *The Duffing Equation*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118033259>

[5] Foreman-Mackey, D., Hogg, D. W., Lang, D., and Goodman, J. (2013). emcee: The MCMC Hammer. In *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* (Vol. 125, Issue 925, pp. 306-312). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1086/670067>

[6] He, J.H. (2019). The simpler, the better: Analytical methods for nonlinear oscillators and fractional oscillators. In *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* (Vol. 38, Issues 3-4, pp. 1252-1260). SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/1461348419844145>

[7] MAHMOUD, G. M., and BOUNTIS, T. (2004). THE DYNAMICS OF SYSTEMS OF COMPLEX NONLINEAR OSCILLATORS: A REVIEW. In *International Journal of Bifurcation and Chaos* (Vol. 14, Issue 11, pp. 3821-3846). World Scientific Pub Co Pte Lt. <https://doi.org/10.1142/s0218127404011624>

ME-60

## Un modelo robótico basado en el conectoma de *C. elegans*

Valencia Urbina C<sup>E1</sup>, Cannas S A<sup>2 3 4</sup>, Gleiser P M<sup>5 3</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Física Medica, Centro Atómico Bariloche, CNEA, CONICET*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

<sup>3</sup> *CONICET*

<sup>4</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>5</sup> *Instituto Tecnológico de Buenos Aires*

Analizamos la dinámica neuronal y su relación con el comportamiento emergente de un vehículo robótico controlado por una simulación numérica de una red neuronal basada en el sistema nervioso del nematodo *Caenorhabditis elegans*. El robot interactúa con el entorno a través de un sensor, que transmite la información a las neuronas sensoriales, mientras que las salidas de las neuronas motoras están conectadas a las ruedas. Esto es suficiente para permitir el movimiento del robot en entornos complejos, evitando colisiones con obstáculos. Trabajar con un modelo robótico permite seguir simultáneamente la dinámica microscópica detallada de todas las neuronas y también registrar las acciones del robot en el entorno en tiempo real. Esto nos permitió estudiar la interacción entre el conectoma y los comportamientos complejos. Encontramos que algunas características básicas de la dinámica neuronal global y su correlación con el comportamiento observado en el gusano aparecen espontáneamente en el robot, lo que sugiere que son una propiedad emergente del conectoma.

## ME-61 Vinculando las condiciones de cultivo al efecto de una terapia de diferenciación en tumoresferas

Fotínos J<sup>1</sup>, Condat C A<sup>2 1</sup>, Barberis L<sup>2 1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Instituto de Física Enrique Gaviola de Córdoba, CONICET-UNC*

El crecimiento de muchos tumores sólidos está promovido por una subpoblación de células madre cancerosas (CMC), particularmente resistentes a la quimio y radioterapia. Un posible tratamiento para estos casos consiste en la utilización de un agente diferenciante (AD) que fuerce a las CMC a perder su carácter de madres, aplicando luego vías terapéuticas convencionales para la eliminación de las células cancerosas diferenciadas (CCD). Para describir los efectos de un AD, se adapta un modelo de ecuaciones diferenciales desarrollado para investigar tumoresferas, que suponemos formadas por CMC y CCD evolucionando de manera conjunta, caracterizando la fuerza del AD mediante el parámetro  $a_{dif}$ . A fin de obtener predicciones realistas, escogemos los otros parámetros del modelo como aquellos ajustados previamente de distintos conjuntos de datos experimentales ([1, 2, 3]).

Estos conjuntos de datos reflejan la progresión del tumor en diferentes condiciones de cultivo. Si bien una terapia lo suficientemente fuerte y aplicada temprano resulta en la desaparición de la subpoblación de CMC, diferencias en las condiciones externas provocan comportamientos muy variados. Si las tumoresferas crecen libres en una microcámara, su crecimiento alcanza un equilibrio estable cuyo tamaño y fracción de CMC pueden reducirse aumentando  $a_{dif}$ . Si, en cambio, crecen sobre un sustrato agaroso, el crecimiento es en principio descontrolado, siendo más rápido sobre un sustrato más rígido. El modelo predice que el crecimiento puede

acotarse, si la fuerza y el momento de inicio de la terapia son respectivamente mayor y menor que valores de umbral que el modelo permite obtener. Por último, si las tumoresferas crecen dentro del medio agaroso, la fracción de CMC es eliminada y el crecimiento alcanza valores estacionarios acotados, verificándose el rol inhibitorio de la presión. En síntesis, nuestro modelo muestra cómo el efecto de una terapia de diferenciación depende críticamente, no sólo del dosaje y el momento de administración de la droga, sino también de la naturaleza del tumor y su ambiente.

- [1] L. Barberis, L. Benítez, and C.A. Condat. Elucidating the role played by cancer stem cells in cancer growth. *MMSB*, 1(1):48-54, 2021.
- [2] L. Benítez, L. Barberis, and C. A. Condat. Modeling tumorspheres reveals cancer stem cell niche building and plasticity. *Physica A*, 533:121906, 2019.
- [3] L. Benítez, L. Barberis, L. Vellón, and C.A. Condat. Understanding the influence of substrate when growing tumorspheres. *BMC Cancer*, 21(1):1-11, 2021.

# PARTÍCULAS Y CAMPOS

## Charlas

Martes 27 de septiembre

14:00-14:25

Egipcios Aula 3

### Efecto Casimir en espejos imperfectos

Remaggi M L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Cuyo*

El efecto Casimir es una de las más importantes consecuencias macroscópicas de las fluctuaciones del vacío cuántico. La versión estática del efecto, consiste de dos placas paralelas infinitas, perfectamente conductoras y eléctricamente neutras, a las que solemos llamar *espejos*, entre las cuales surge una fuerza atractiva, no predicha clásicamente, como consecuencia de las condiciones de contorno que las mismas imponen sobre el vacío. En la versión dinámica del efecto, estas condiciones varían con el tiempo y pueden inducir una transferencia de energía tal que dé lugar a la creación de partículas reales (fotones).

En este trabajo expongo los resultados de mi Tesis doctoral titulada 'Efecto Casimir estático y dinámico en espejos imperfectos', realizada en el Instituto Balseiro bajo la dirección del Dr. César Daniel Fosco. En la misma, analizamos diferentes modelos en los cuales se manifiestan estos efectos, pero empleando descripciones de los espejos que tengan en cuenta sus grados de libertad microscópicos, con el objetivo de considerar situaciones más realistas. En lugar de suponer condiciones de contorno ideales, representamos la interacción entre el campo electromagnético de vacío y estos *espejos imperfectos* a través de una acción efectiva. Obtenemos expresiones generales de las cantidades físicas relevantes para casos con diferentes geometrías, considerando medios conductores y dieléctricos, y con especial énfasis en su aplicación a ejemplos que involucran materiales planares, incluyendo efectos como ruptura de paridad.

**Contacto:** María Laura Remaggi, [lauraremaggi@gmail.com](mailto:lauraremaggi@gmail.com) **Codigo Identificador:** 9077

14:25-14:50

Egipcios Aula 3

### Evidencia numérica de soluciones periódicas con agujeros negros rotantes

Ortiz O E<sup>1</sup>, Peraza J<sup>2</sup>, Reiris M<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación. Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay*

En este trabajo presentamos evidencia numérica de la existencia de soluciones estacionarias axialmente simétricas, que incluyen horizontes, de las ecuaciones de Einstein en una topología periódica. Las ecuaciones se reducen a un problema para un conocido mapa armónico con condiciones de contorno periódicas (en la dirección del eje de simetría) para el cual la existencia y unicidad de soluciones regulares no ha sido probada aún. El problema periódico puede pensarse también como una superposición de infinitos horizontes disconexos equidistantes a lo largo del eje de simetría. Nuestra solución puede considerarse una generalización de la solución periódica de Korotkin-Nicolai-Myers [1,2] que estudian el mapa armónico para el caso en que los agujeros negros no tienen momento angular (superposición de agujeros negros de Schwarzschild). En este último caso el problema se reduce a un problema lineal y la existencia y unicidad fue demostrada analíticamente. Nuestro problema es no lineal y tiene varias dificultades importantes, tales como la correcta implementación de las condiciones de contorno y determinación del comportamiento asintótico de la solución. Una vez halladas las soluciones al mapa armónico reconstruimos la métrica y estudiamos varias características relevantes de la misma, en particular propiedades termodinámicas del horizonte y comportamiento asintótico de la solución.

[1] R. C. Myers. Higher-dimensional black holes in compactified space-times. *Phys. Rev. D*, 35:455–466, Jan 1987.

[2] D. Korotkin and H. Nicolai. A Periodic analog of the Schwarzschild solution. arXiv:gr-c/9403029, Mar 1994.

**Contacto:** Omar E. Ortiz, omar.ortiz@unc.edu.ar **Código Identificador:** 8623

15:00-15:40

Egipcios Aula 3

## El Observatorio Pierre Auger: últimos resultados y perspectivas de futuro

Sánchez F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas, ITeDA CAC - CNEA*

The Pierre Auger Observatory, in the south of Mendoza province (Argentina), is the largest facility in the world to observe ultra-high-energy cosmic rays (UHECR) and has been taking data for almost twenty years. It is designed to simultaneously detect the longitudinal development of the extensive air showers in the atmosphere and the measurement of particles densities at ground level. This hybrid technique allowed to produce results with unprecedented precision. In this talk, I will report on the energy spectrum, mass composition and arrival directions of cosmic rays in the range of 1016.5 eV to 1020.0 eV. I will also present the upgrade of the Observatory detection system, AugerPrime, that aims at improving the

observables sensitive to mass composition at the highest energies to tackle the still open questions regarding the UHECR's origin.

15:40-16:00

Egipcios Aula 3

## Asamblea División Partículas y Campos

Miércoles 28 de septiembre

14:00-14:25

Egipcios Aula 3

### The extragalactic origin of cosmic rays: the contribution of AGNs and old/young stellar populations.

Boero E<sup>1</sup>, Duplancic F<sup>2</sup>, García Lambas D<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Observatorio Astronómico de Córdoba*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales - Universidad Nacional de San Juan*

<sup>3</sup> *Instituto de Astronomía Teórica y Experimental, Observatorio Astronómico Córdoba, CONICET-UNC*

In this talk we will present a recent study about the extragalactic astrophysical origin of ultra-high energetic cosmic rays. We will show our analysis of the angular cross correlation of cosmic ray (CR) events beyond 8 EeV released by the Pierre Auger Observatory with suitable galaxy sub-samples taken from the 2MRS and WISE catalogues using various division criteria. We will focus on the influence of luminosity and distances of a nearby sample of galaxies ( $cz \leq 6700 \text{ km s}^{-1}$ ). We will comment on the importance on the stellar content of galaxies as a parameter for the determination of CR production. The relative impact of AGN's, global stellar content, and recent star formation in CR production will be also discussed and we will present our results. They hint that CR production associated with the accretion of massive black holes is significantly more relevant than other energetic events associated to stellar sources.

**Contacto:** Ezequiel Boero, ezequiel.boero@unc.edu.ar **Codigo Identificador:** 8630

14:25-14:50

Egipcios Aula 3

### Skipper-CCDs para la detección de materia oscura y neutrinos de reactor

Avalos N<sup>1, 2</sup>, Estrada E<sup>1, 2</sup>, Sofo Haro M<sup>1</sup>, Bertou X<sup>1</sup>, Bonifazi C<sup>1, 3</sup>

<sup>1</sup> *CONICET*

<sup>2</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>3</sup> *International Center for Advanced Studies, Universidad de San Martín*

En la última década los sensores CCDs (Charge Coupled Devices) construidos con silicio de alta resistividad se vienen usando intensivamente en experimentos de búsqueda directa de materia oscura y para la detección de neutrinos provenientes de reactores nucleares. Su bajo nivel de ruido ( $\sim 2e^-$ ) y la alta eficiencia de colección de cargas nos ha permitido alcanzar una sensibilidad sin precedentes para las interacciones con baja transferencia de energía. La nueva tecnología alcanzada mediante el desarrollo de los Skipper-CCDs mejora significativamente esta sensibilidad ya que permiten alcanzar niveles de ruido de lectura de sub-electrones. En esta presentación discutiremos el principio de funcionamiento de estos sensores, sus principales características y su uso en dos tipos de experimentos. Por un lado, en el experimento DM2 (Dark Matter Daily Modulation experiment) que tiene por objetivo principal la búsqueda directa de materia oscura en un sitio a 40 grados de latitud Sur, explotando la modulación diaria potencial de las señales inducidas por la misma en escalas de unos pocos MeV. Por el otro lado, en el experimento CONNIE (COherent Neutrino-Nucleus Interaction Experiment) cuyo objetivo es medir por la primera vez la dispersión elástica coherente entre el antineutrino del electrón y el núcleo de silicio, así como también buscar por física mas allá del Modelo Estándar.

**Contacto:** Nicolás Avalos, nicolaseavalos@gmail.com **Codigo Identificador:** 9266

15:00-15:25

Egipcios Aula 3

## Nuevos Sistemas de Detección en AugerPrime

Pérez Bertolli C<sup>1</sup>, Wundheiler B<sup>1</sup>, Gonzalez N<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas, CONICET-UNSAM-CNEA*

<sup>2</sup> *Karlsruhe Institute for Technology, Alemania*

<sup>3</sup> *Inter-University Institute For High Energies, Université Libre de Bruxelles*

En el núcleo del diseño de AugerPrime, el "upgrade" del Observatorio Pierre Auger, se encuentra la instalación de dos nuevos sistemas de detección, los Detectores de Centelleo de Superficie, y los Detectores Subterráneos de Muones (UMD). El diseño del UMD incluye 61 detectores de muones por centelleo de 30 m<sup>2</sup> cada uno, dispuestos en un arreglo triangular de 750 m de lado, que cubrirá un área de 23.5 km<sup>2</sup> en el Observatorio. El diseño, la construcción y la instalación de este sistema de detección está a cargo del Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas (ITeDA). El instituto cuenta con el programa de Doble Doctorado en Astrofísica que surge de un acuerdo entre la UNSAM y el Instituto de Tecnología de Karlsruhe (KIT) en Alemania. Los estudiantes de doctorado trabajan principalmente en la calibración, monitoreo y análisis de datos en el Observatorio. En esta presentación se hará un recorrido por las principales características del arreglo de superficie y del detector de muones de AugerPrime. Asimismo, se mostrará el grado de avance en el desarrollo de un estimador para el número de muones presentes en las lluvias de partículas generadas por

Rayos Cósmicos de Ultra Alta Energía, mediante la calibración cruzada de ambos sistemas de detección.

**Contacto:** Carmina Pérez Bertolli, carminaperezbertolli@gmail.com **Código Identificador:** 8589

15:25-15:50

Egipcios Aula 3

## Difusión magnética y efectos de interacción en rayos cósmicos de ultraalta energía.

Gonzalez J M<sup>1</sup>, Mollerach S<sup>2, 3</sup>, Roulet E<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

<sup>2</sup> *CONICET*

<sup>3</sup> *Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica*

El flujo de rayos cósmicos de ultra alta energía que llegan a la Tierra se ve afectado por las interacciones con los fondos de radiación del Universo, así como con los campos magnéticos que están presentes a lo largo de sus trayectorias. Combinamos el código de propagación de rayos cósmicos SimProp con una rutina que permite tomar en cuenta los efectos promedio de un campo magnético turbulento sobre la dirección de propagación de las partículas. Calculamos, de esta forma, la modificación del espectro debida al efecto del horizonte magnético, tanto para los núcleos primarios como para los secundarios resultante de la fotodesintegración de los primarios. También proporcionamos parametrizaciones analíticas de los efectos de atenuación, en función de los parámetros del campo magnético y de la densidad de las fuentes de rayos cósmicos. Esto permite obtener los espectros esperados en presencia de los campos magnéticos a partir de los espectros que se obtendrían en ausencia de dichos campos. La discretitud de la distribución de fuentes afecta el espectro de rayos cósmicos en las energías más altas. Allí se suprime el flujo debido a las interacciones con los fondos de radiación. También se obtuvieron parametrizaciones de estos efectos.

**Contacto:** Juan Manuel Gonzalez, jjm1996mgg@gmail.com **Código Identificador:** 8985

## Jueves 29 de septiembre

14:00-14:25

Egipcios Aula 3

## Correspondencia $AdS_3/CFT_2$ : Flujo espectral y correladores en $AdS_3 \times S^3 \times T^4$

Toro J H<sup>1</sup>, Kovensky N<sup>2</sup>, Iguri S<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Investigaciones Matemáticas Luis A. Santaló, Universidad de Buenos Aires, CONICET*

<sup>2</sup> *Institut de Physique Théorique, CEA/ Saclay*

<sup>3</sup> *Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET-UBA*

La dualidad entre la propagación de supercuerdas tipo IIB en un espacio tiempo  $AdS_3 \times S^3 \times T^4$  y cierta teoría de campos conformes (CFT) dos dimensional es uno de los ejemplos más conocidos de la correspondencia  $AdS/CFT$ . Siendo  $AdS_3 \times S^3 \times T^4$  una solución exacta a las ecuaciones de gravedad de la teoría de supercuerdas, esta dualidad permite explorar la correspondencia más allá del límite supergravitatorio. El cálculo de correladores en  $AdS_3$  se ve dificultado por la necesaria incorporación del automorfismo de **flujo espectral**. Los estados de cuerdas obtenidos a partir del mismo poseen propiedades de transformación afines no triviales. A su vez la cuantización BRST y la necesidad del de cambio de *picture*, usual en teoría de cuerdas, obligan a la incorporación de campos no primarios en el cálculo de las funciones de tres puntos. En este trabajo ofrecemos un método para el cálculo de dichas funciones de correlación con asignaciones arbitrarias de flujo espectral. Por último, centramos nuestra atención en configuraciones extremales y mostramos como nuestros resultados reproducen los esperados para correladores locales correspondientes de la CFT dual.

**Contacto:** Julian Hernan Toro, [ikirfh@gmail.com](mailto:ikirfh@gmail.com) **Codigo Identificador:** 9225

14:25-14:50

Egipcios Aula 3

## Gravitones, Fractones y el teorema Weinberg-Witten

Benedetti V<sup>1</sup>, Casini H<sup>1</sup>, Magán J<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

En esta charla presentaremos las simetrías generalizadas asociadas con la teoría del gravitón libre como partícula de espín 2 sobre un espacio de Minkowski en (3+1) dimensiones. Estas están generadas por operadores topológicos invariantes de gauge que están cargados ante simetrías espacio-temporales. En primer lugar, veremos que esto implica que la teoría del gravitón lineal no puede tener un tensor energía-impulso bien definido (Teorema de Weinberg-Witten). Por otro lado, en analogía con las teorías de gauge tensoriales, esto significa que para obtener una teoría cuántica de campos completa a orden lineal en perturbaciones de la métrica se necesita introducir materia fractónica.

**Contacto:** Valentín Benedetti, [valentin.benedetti@gmail.com](mailto:valentin.benedetti@gmail.com) **Codigo Identificador:** 9243

15:00-15:25

Egipcios Aula 3

## Medición del espectro de rayos cósmicos con el detector de superficie del Observatorio Pierre Auger

Brichetto Orquera P G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas, CONICET-UNSAM-CNEA*

Las observaciones del espectro de rayos cósmicos con detectores emplazados en la superficie terrestre se extienden por más de 6 décadas de energía, desde  $10^{14}$  eV hasta más de  $10^{20}$  eV. Los datos experimentales indican que el espectro sigue una ley de potencias ( $J \propto E^{-\gamma}$ ) con 5 quiebres. Los datos del espectro de energía y de composición obtenidos por diversos observatorios sugieren un cambio en el origen en los rayos cósmicos entre  $10^{17}$  eV y  $10^{18}$  eV. Mientras que los rayos cósmicos de menor energía en este rango tendrían un origen en la Galaxia, los del extremo superior provendrían mayoritariamente de fuentes extra-galácticas. Esta transición estaría relacionada con el quiebre denominado *segunda rodilla* que se observa en el espectro de los rayos cósmicos. Con el fin de medir la energía de la segunda rodilla y los índices espectrales antes y después de esta con una calidad superior a las observaciones actuales, utilizamos un arreglo de 19 estaciones Cherenkov de agua espaciadas cada 433 m del del detector de superficie del Observatorio Pierre Auger (SD433). En este trabajo mostramos el estado de la calibración en Energía y la reconstrucción del conjunto de eventos necesarios para medir el espectro y los resultados preliminares de la caracterización de la segunda rodilla.

**Contacto:** Pablo Gabriel Brichetto Orquera, pgrabichetto@gmail.com **Código Identificador:** 8610

15:25-15:50

Egipcios Aula 3

## Estudio de anisotropías en la región cercana al Centro Galáctico con datos públicos del Observatorio Pierre Auger

Queirolo I D<sup>1,2</sup>, Bonifazi C<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, FCEyN, UBA

<sup>2</sup> International Center for Advanced Studies - Instituto de Ciencias Físicas - Universidad Nacional de San Martín

La búsqueda de anisotropías de rayos cósmicos en regiones cercanas al centro galáctico (CG) con energías del orden de los EeV ( $10^{18}$  eV) se motiva principalmente por la existencia del agujero negro supermasivo asociado con la fuente de radio Sagittarius A\* (Sgr A\*), así como con la expansión del remanente de supernova Sagittarius A East. Además, la colaboración H.E.S.S ha reportado observaciones de rayos  $\gamma$  de muy alta energía en regiones cercanas al CG [1,2], provenientes tanto de fuentes puntuales como extensas. Todo esto sugiere que esta región contiene objetos que podrían ser candidatos para aceleradores de rayos cósmicos a estas energías. El estado del arte en términos de estudios de rayos cósmicos de ultra-alta energía está representado actualmente por el Observatorio Pierre Auger, que combina dos técnicas complementares para la detección de las lluvias extensas generadas por estas partículas al interactuar en la atmósfera. Está formado por 1660 detectores de efecto Cherenkov en agua (detectores de superficie) que cubren un área de  $3000 \text{ km}^2$ , rodeados por 27 telescopios de fluorescencia. El observatorio Auger está ubicado en la provincia de Mendoza, que es una región de privilegio para observar rayos cósmicos provenientes de la región del CG ya que este se encuentra a tan sólo  $6^\circ$  de su cenit [3,4].

En este trabajo buscamos anisotropías en regiones cercanas al CG, siguiendo el procedimiento explicado en [3]. El estudio se realizará utilizando los datos públicos de la colaboración Pierre Auger [5] para dos conjuntos diferentes: uno que comprende los datos desde su puesta en funcionamiento hasta abril del 2006, reproduciendo el trabajo realizado anteriormente [3]. Y luego se extenderá este análisis a todos los datos disponibles del Observatorio.

[1] *Discovery of Very-High-Energy gamma-Rays from the Galactic Centre Ridge* HESS Collaboration, *Astron. Astrophys.* 425 (2004) L13; arXiv:astro-ph/0408145.

[2] *Acceleration of petaelectronvolt protons in the Galactic Centre*, HESS Collaboration, *Nature* 531 (2016) 476-479; arXiv:1603.07730.

[3] *Anisotropy studies around the galactic centre at EeV energies*, Pierre Auger Collaboration, *Astroparticle Physics* 27 (2007) 244-253; arXiv:astro-ph/0607382.

[4] *A Targeted Search for Point Sources of EeV Neutrons*, Pierre Auger Collaboration, *ApJ* 789 (2014) L34; arXiv:1406.4038.

[5] *The 2021 Open-Data release by the Pierre Auger Collaboration*, Pierre Auger Collaboration (2021), Auger Open Data release 1-2021, DOI:10.5281/zenodo.4487613.

**Contacto:** Iván Daniel Queirolo, queiroloivan@gmail.com **Codigo Identificador:** 9235

## Sesión de Posters

- Miércoles 28/9: PC-1 a PC-15.

### PC-1 Aumento de simetría: interpolación y simetría oculta

Aldazabal G<sup>1 2 3</sup>, Andrés E<sup>1 3</sup>, Cabrera L<sup>1 2 3</sup>, Mayo M<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Gerencia de Física, Centro Atómico Bariloche, CNEA*

<sup>2</sup> *Centro Atómico Bariloche - CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica*

<sup>3</sup> *Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo*

En un trabajo reciente nuestro grupo presentó una teoría de campos efectiva para la cuerda heterótica compactificada toroidalmente, cuya acción depende de los módulos, y que reproduce satisfactoriamente efectos de aumento de simetría típicos de objetos extendidos. Al desplazarnos continuamente en el espacio de módulos, observamos que ciertos modos se vuelven no masivos y se ordenan en multipletes del grupo de *gauge* correspondiente al punto de aumento de simetría. Nuestra sospecha es que, lejos de ser casual, este comportamiento es una expresión de una simetría subyacente de la teoría efectiva, que se manifiesta como diferentes grupos de *gauge* en estos puntos. En este contexto, presentamos una propuesta para esta simetría interpolante.

## PC-2 DESIGUALDADES GEOMÉTRICAS PARA AGUJEROS NEGROS

Rojas T A<sup>1</sup>, Avila C F<sup>2</sup>, NIEVA J<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CREAS CONICET

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca

Los estudios de las desigualdades geométricas para objetos compactos en relatividad general tienen una gran importancia. Una desigualdad isoperimétrica geométrica es una relación entre cantidades espacio-temporales con un significado físico preciso y también una definición puramente geométrica. En este trabajo analizaremos, la relación entre masa y momento angular con simetría axial en el agujero de Kerr. Para ello partimos de la masa total ADM con datos iniciales asintóticos completamente planos que satisfaga la condición de energía dominante. La métrica de Kerr depende de dos parámetros: la masa  $m$  y el momento angular  $J$ . Esta métrica es una solución de las ecuaciones de vacío de Einstein, que representa un agujero negro si y solo si cumple cierta desigualdad, que define los agujeros negros extremos. La masa total del espacio-tiempo mide la suma de la masa del agujero negro y la masa de las ondas gravitacionales que lo rodean. La masa  $m$  es una cantidad global que nos da información sobre todo el espacio-tiempo. En cambio, el área del horizonte  $A$  es una cantidad cuasi-local que nos da información sobre una región acotada del espacio-tiempo. Sin embargo, en simetría axial, existe una noción bien definida del momento angular cuasi-local: que es la integral de Komar del vector de Killing axial. Entonces, para agujeros negros dinámicos axialmente simétricos tenemos dos cantidades cuasi-locales bien definidas: el área del horizonte  $A$  y el momento angular  $J$ . Para un agujero negro dinámico, por el teorema del área, sabemos que el área del horizonte  $A$  aumenta con el tiempo. Si asumimos la simetría axial, el momento angular se conservará en el nivel cuasi-local. Desde el punto de vista físico, podemos esperar que en esta situación la masa cuasi-local del agujero aumentará con el área, ya que no existe un mecanismo físico para extraer masa del agujero negro. Entonces, tanto el área  $A$  como la masa cuasi-local  $m$  deberían aumentar monótonamente con el tiempo en simetría axial. Aplicando la desigualdad podemos tener una medida cuasi-local de cuán lejos está un agujero negro dinámico del caso extremo, es decir, tenemos un ?criterio de extremalidad?, aunque restringido sólo a la simetría axial. Entonces es posible conjeturar que, dentro de la simetría axial, es posible probar la estabilidad de un agujero negro cuasi extremo sea más sencillo que un agujero negro de Schwarzschild. Si se cumple la desigualdad, entonces  $m$  define una cantidad no trivial que aumenta monótonamente con el tiempo, como el área  $A$  del agujero negro. En síntesis, se espera que las desigualdades geométricas que son válidas para los agujeros negros de Kerr se cumplan también para los agujeros negros dinámicos axialmente simétricos.

## PC-3 Diagrama de fase para la cromodinámica cuántica bajo la influencia de campos magnéticos intensos

Ferraris S<sup>1</sup>, Gómez Dumm D<sup>2</sup>, Grunfeld A G<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica

<sup>2</sup> CONICET

En el presente trabajo analizamos el diagrama de fases en el plano  $T - \mu$  para materia de quarks y hadrones bajo la influencia de un campo magnético intenso uniforme, en el marco de un modelo de quarks de dos sabores que incluye interacciones de carácter no local. A nivel de campo medio, determinamos para este sistema las curvas de transición de deconfinamiento y restauración de la simetría quiral. Mostramos que existe un **end point** que separa transiciones de primer orden y transiciones suaves, analizando su posición en el plano  $T - \mu$  para diferentes intensidades del campo magnético.

## PC-4 DISPERSION DEL GRAVITON CLASICO EN NSF

Rojas T A<sup>1, 2</sup>, Bordcoch M<sup>1</sup>, Kozameh C<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones y Transferencia de Catamarca, CONICET

<sup>3</sup> Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba

Un gravitón clásico es un espacio tiempo asintóticamente plano de vacío globalmente hiperbólico que no contiene horizontes[1]. Por lo que el presente trabajo ha planteado encontrar la relación entre la radiación del infinito pasado, considerada como radiación entrante, con la del infinito futuro, considerada como radiación saliente, usando el NSF [4,5,6] en un esquema perturbativo para describir el fenómeno de dispersión en el régimen clásico. Estos espacios tienen particularidades matemáticas y físicas que, por un lado, es posible cuantizar el dato de radiación tanto en el infinito nulo pasado como en el infinito nulo futuro y, por otro lado, construir el espacio de fase con estructura compleja del gravitón clásico, brindando así, un espacio de Hilbert para gravitones cuánticos. Esto implica obtener la matriz de scattering y para ello es necesario una ecuación de evolución dinámica que vincule los campos radiativos con los campos dentro del espaciotiempo: se ha probado que las ecuaciones del Formalismo de Superficies Nulas cumplen con esta tarea. [2,3]. Bibliografía [1] M. Bordcoch, C. Kozameh and T. Rojas, "Asymptotic structure of the null surface formulation and the classical graviton", Physical Review. D, 94, 104051, (2016). [2] Ashtekar A, Geometry and Physics of Null Infinity, arXiv:1409.1800 [gr-qc] (2015). [3] Ashtekar A, Asymptotic Quantization, Napoli: Bibliopolis (1987). [4] S. Frittelli, C. Kozameh and E.T. Newman, Lorentzian metrics from characteristic surfaces, J. Math. Phys. 36, 4975 (1995). [5] S. Frittelli, C. Kozameh, E.T. Newman. Dynamics of the light cone cuts of null infinity, Phys. Rev. D 56,4729 (1997). [6] S. Frittelli, C. Kozameh and E.T. Newman. GR via characteristic surfaces, J. Math. Phys. 36, 4984 (1995).

## PC-5 El detector de muones subterráneo del Observatorio Pierre Auger

Gollan F<sup>1</sup>, Sánchez F<sup>1</sup>, Wundheiler B<sup>1</sup>, Pérez Bertolli C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas, CONICET-UNSAM-CNEA

El proyecto *Auger Muons and in-fill for the Ground Array* (AMIGA) forma parte de la extensión y mejora del sistema de detección del Observatorio Pierre Auger (PAO), denominada AugerPrime, en búsqueda de determinar la composición química y el origen de los rayos cósmicos de ultra alta energía. El diseño consiste en la instalación de un sistema de detectores de muones subterráneos (UMD), localizados junto con los detectores de superficie del Observatorio, que permiten estimar de forma directa el número de muones de las lluvias atmosféricas extendidas (EAS). El diseño del UMD ha surgido del Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas (ITeDA) que es responsable, hasta el día de hoy, de su operación y análisis de datos. La etapa de desarrollo de ingeniería fue completada en 2017 con la instalación de 7 posiciones en un hexágono del arreglo de detectores de superficie. Los datos obtenidos representan la primera medición por parte del Observatorio de la componente muónica de las EAS. A su vez, estos resultados permitieron demostrar, por primera vez, la discrepancia conocida como *déficit de muones* respecto a las simulaciones con modelos hadrónicos ajustados a los parámetros del LHC, para energías entre  $2 \times 10^{17}$  -  $2 \times 10^{18}$  eV. En esta presentación se expondrán las principales características del UMD, los resultados físicos obtenidos hasta el momento y su proyección futura.

## PC-6 Estudio de la Respuesta de un Fotomultiplicador Multiánodo para el Desarrollo de un Detector Veto de Muones para el Laboratorio Subterráneo ANDES

Ansaldo S<sup>1</sup>, Aranzadi J I<sup>1</sup>, Taboada A<sup>2</sup>, Calderon Ardila R<sup>2</sup>, Sarmiento Cano C<sup>2</sup>, Asorey H<sup>2</sup> <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas, CONICET-UNSAM-CNEA

<sup>3</sup> Departamento de Física Medica, Centro Atómico Bariloche, CNEA, CONICET

Los muones son leptones que se generan en la atmósfera producto de la interacción de rayos cósmicos con los núcleos atómicos presentes en el aire. Debido a su masa (unas 200 veces la del electrón) y energía (desde centenas de MeV hasta varios TeV), son capaces de atravesar grandes distancias en materiales como aire, agua o roca, lo que genera un especial interés para su estudio.

Desde hace décadas se han desarrollado observatorios por todo el mundo dedicados al estudio de rayos cósmicos. De la misma manera, laboratorios dedicados al estudio de materia oscura o neutrinos han sido desarrollados e instalados bajo tierra para aislarse de la radiación cósmica. El laboratorio subterráneo ANDES [1] será construido en el futuro túnel de Agua Negra entre Chile y Argentina, albergará experimentos a una profundidad de 1750 m.

Sin embargo, los muones son partículas muy penetrantes (en ANDES se espera un flujo de  $1,47 \pm 0,02 \text{ da}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$  [2]) por lo que es necesario implementar blindajes adicionales o detectores que discriminen y veten el fondo de muones para poder discriminar las señales esperadas del ruido.

Existen diferentes tipos de detectores de muones. Entre ellos, los materiales centelladores plásticos ofrecen una buena respuesta al paso de los muones, generando luz de centelleo que puede ser transportada por fibras ópticas hasta un dispositivo fotosensor. La señal producida

en el fotosensor es proporcional a la cantidad de partículas que atravesó el detector, permitiendo conocer el flujo de muones.

Conocer el flujo de muones así como la respuesta del fotosensor es crucial para determinar la operatividad y el diseño de un determinado detector [3]. En este trabajo, se estudian ambas partes: por un lado, se realizaron simulaciones [4] para estimar el número de muones a una determinada profundidad en roca (900 m.w.e.), como caso de estudio para la ubicación de un detector de muones. Por otro lado se estudia la respuesta de un fotomultiplicador multiánodo a pulsos de luz emitidos por un dispositivo láser y transportados por una fibra óptica, emulando la cantidad de luz que generan los muones al paso por un detector centelleador plástico. El análisis de los pulsos medidos permite obtener un modelo de respuesta del fotomultiplicador que será implementado en la simulación del detector veto de muones.

[1] X. Bertou, The ANDES Deep Underground Laboratory, PoS, EDSU2018:027, 2018

[2] C. Pérez Bertolli et al. Estimación del flujo de muones en el laboratorio subterráneo Andes. An. AFA. Vol. 32(4):106-111. DOI: 10.31527/analesafa.2021.32.4.106

[3] R. Calderón-Ardila, Development of Mudulus: A Muography Detector Based on Double-Synchronized Electronics for Geophysical Applications, Journal of Advanced Instrumentation in Science, vol. 2022, May 2022.

[4] A. Taboada, C. Sarmiento-Cano, A. Sedoski, and H. Asorey, Meiga, a Dedicated Framework Used for Muography Applications, Journal of Advanced Instrumentation in Science, vol. 2022, Mar. 2022.

## PC-7 Estudio de la Respuesta de un Fotomultiplicador Multiánodo para el Desarrollo de un Detector Veto de Muones para el Laboratorio Subterráneo ANDES

Aranzadi J I<sup>1</sup>, Ansaldo S<sup>1</sup>, Taboada Núñez Á<sup>2</sup>, Calderón-Ardila R<sup>2</sup>, Asorey H<sup>3</sup>, Sarmiento-Cano C<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas, CONICET-UNSAM-CNEA

<sup>3</sup> Departamento de Física Médica, Centro Atómico Bariloche, CNEA, CONICET

Los muones son leptones que se generan en la atmósfera producto de la interacción de rayos cósmicos con los núcleos atómicos presentes en el aire. Debido a su masa (unas 200 veces la del electrón) y energía (desde centenas de MeV hasta varios TeV), son capaces de atravesar grandes distancias en materiales como aire, agua o roca, lo que genera un especial interés para su estudio.

Desde hace décadas se han desarrollado observatorios por todo el mundo dedicados al estudio de rayos cósmicos. De la misma manera, laboratorios dedicados al estudio de materia oscura o neutrinos han sido desarrollados e instalados bajo tierra para aislarse de la radiación cósmica. El laboratorio subterráneo ANDES [1] será construido en el futuro túnel de Agua Negra entre Chile y Argentina, albergará experimentos a una profundidad de 1750 m.

Sin embargo, los muones son partículas muy penetrantes (en ANDES se espera un flujo de  $1,47 \pm 0,02 \text{ da}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$  [2]) por lo que es necesario implementar blindajes adicionales o detectores que discriminen y veten el fondo de muones para poder discriminar las señales esperadas del ruido.

Existen diferentes tipos de detectores de muones. Entre ellos, los materiales centelladores plásticos ofrecen una buena respuesta al paso de los muones, generando luz de centelleo que puede ser transportada por fibras ópticas hasta un dispositivo fotosensor. La señal producida en el fotosensor es proporcional a la cantidad de partículas que atravesó el detector, permitiendo conocer el flujo de muones.

Conocer el flujo de muones así como la respuesta del fotosensor es crucial para determinar la operatividad y el diseño de un determinado detector [3]. En este trabajo, se estudian ambas partes: por un lado, se realizaron simulaciones [4] para estimar el número de muones a una determinada profundidad en roca (900 m.w.e.), como caso de estudio para la ubicación de un detector de muones. Por otro lado se estudia la respuesta de un fotomultiplicador multiánodo a pulsos de luz emitidos por un dispositivo láser y transportados por una fibra óptica, emulando la cantidad de luz que generan los muones al paso por un detector centellador plástico. El análisis de los pulsos medidos permite obtener un modelo de respuesta del fotomultiplicador que será implementado en la simulación del detector veto de muones.

[1] X. Bertou, The ANDES Deep Underground Laboratory, PoS, EDSU2018:027, 2018

[2] C. Pérez Bertolli et al. Estimación del flujo de muones en el laboratorio subterráneo Andes. An. AFA. Vol. 32(4):106-111. DOI: 10.31527/analesafa.2021.32.4.106

[3] R. Calderón-Ardila, "Development of Mudulus: A Muography Detector Based on Double-Synchronized Electronics for Geophysical Applications?", Journal of Advanced Instrumentation in Science, vol. 2022, May 2022.

[4] A. Taboada, C. Sarmiento-Cano, A. Sedoski, and H. Asorey, "Meiga, a Dedicated Framework Used for Muography Applications?", Journal of Advanced Instrumentation in Science, vol. 2022, Mar. 2022.

## PC-8 Exploraciones analíticas y numéricas de las Desigualdades de Bekenstein en Electrodinámica no lineal

Díaz J M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba

Las desigualdades geométricas nos permiten estudiar la relación y evolución dinámica de diferentes parámetros de un sistema, tales como la energía, la carga y el momento angular. Las establecidas por Jacob Bekenstein en 1981, si bien postuladas en el contexto de la termodinámica de agujeros negros, han trascendido a otras ramas de la física y pueden ser estudiadas en teorías clásicas de campos, tales como el electromagnetismo.

Hasta el momento, la electrodinámica de Maxwell no ha sido desafiada experimentalmente. Sin embargo, hay algunos argumentos que hacen interesante el estudio de teorías electromag-

néticas no lineales. Un ejemplo de esto es el conocido (y primer) modelo de electrodinámica no lineal propuesto por Born y Infeld en 1934, que posee conexiones matemáticas con la teoría de cuerdas. Si suponemos que las desigualdades de Bekenstein tienen validez universal, es razonable utilizarlas como una forma de examinar estas teorías.

En trabajos recientes, estas desigualdades fueron demostradas tanto en Electromagnetismo y Relatividad General como en electrodinámica de Born-Infeld. En este trabajo, exploramos su validez en ModMax, una teoría electromagnética no lineal propuesta por Bandos y Sorokin en 2020. Esta teoría es la más general que preserva invariancia conforme y rotaciones duales. Luego de mostrar resultados preliminares sobre la validez de las desigualdades de Bekenstein en ModMax, presentamos un modelo reducido con el fin de estudiar su problema de valores iniciales y realizar simulaciones numéricas, verificando los resultados obtenidos analíticamente.

## PC-9 Formalismo de Faddeev-Jackiw extendido aplicado a la electrodinámica no relativista (1+1)-dimensional

Manavella E C A<sup>1</sup>, Addad R R<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

En el presente trabajo, aplicamos el formalismo de Faddeev-Jackiw extendido a la electrodinámica no relativista (1+1)-dimensional. Comparando los resultados encontrados con los correspondientes a la utilización del formalismo de Dirac en este modelo, obtuvimos los mismos vínculos y paréntesis generalizados. Así, podemos concluir que los formalismos de Faddeev-Jackiw extendido y de Dirac pueden considerarse equivalentes, al menos para este modelo. Por otro lado, en este caso, observamos que no existe equivalencia entre los formalismos de Faddeev-Jackiw usual y de Dirac. Además, vemos que el formalismo de Faddeev-Jackiw extendido es más económico que el de Dirac con respecto al cálculo tanto de vínculos como de paréntesis generalizados.

## PC-10 INVESTIGACIÓN EN RELATIVIDAD GENERAL: "ESTUDIO DE SINGULARIDADES"

Rojas T A<sup>1, 2</sup>, Bordcoch M<sup>1</sup>, Tognola L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones y Transferencia de Catamarca, CONICET

La Teoría de la Relatividad General (RG) ha realizado predicciones con relación a la estructura del espacio tiempo de nuestro Universo. Dicha Teoría plantea que el espacio tiempo es una variedad cuatridimensional en la cual la métrica está relacionada con la distribución de materia y energía a través de la ecuación de Einstein [1,2,3,4,5]. El presente trabajo forma parte del Plan de Beca de Estimulo a las Vocaciones Científicas-Convocatoria 2020 cuyo objeto es estudiar las soluciones de la ecuación de Einstein, para el caso de campos gravitacionales externos que ocurren en nuestro sistema solar, como es el caso de cuerpos con

ciertas simetrías descriptos por métricas tipo Schwarzschild a fin de analizar los fenómenos astrofísicos como el caso de colapsos gravitacionales. Por lo que se ha planteado el análisis de las soluciones de Schwarzschild a fin de estudiar los fenómenos astrofísicos, tales como la formación de "Agujero Negros" en el contexto del Formalismo de Superficies Nulas de Relatividad General (NSF) [6,7,8,9], tema que será parte del Plan de Tesina de Licenciatura en Física del postulante.

Bibliografía [1] Robert M. Wald, *General Relativity*, The University of Chicago Press, 1984. [2] D'Inverno R. *Introducing Einstein's Relativity*, Oxford University Press. 1992. [3] James Hartle, *Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity*. Ed. Addison Wesley (2003). [4] Lamboume R.J.A. *Relativity, Gravitation and Cosmology*, Cambridge University Press-2010. [5] Carroll S. *Spacetime and Geometry: An introduction to General Relativity*, Addison Wesley (2004) [6] S. Frittelli, C. Kozameh and E.T. Newman, Lorentzian metrics from characteristic surfaces, *J. Math. Phys.* 36, 4975 (1995). [7] S. Frittelli, C. Kozameh, E.T. Newman. Dynamics of the light cone cuts of null infinity, *Phys. Rev. D* 56,4729 (1997). [8] S. Frittelli, C. Kozameh and E.T. Newman. GR via characteristic surfaces, *J. Math. Phys.* 36, 4984 (1995). [9] M. Bordcoch, C. Kozameh and T. Rojas, "Asymptotic structure of the null surface formulation and the classical graviton", *Physical Review. D*, 94, 104051, (2016).

## PC-11 Lentes Gravitacionales en el Fondo Cósmico de Microondas: Análisis de los efectos debidos a grandes estructuras

Toscano F N<sup>1</sup>, Luparello H<sup>2</sup>, Gonzalez E J<sup>2</sup>, García Lambas D<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>2</sup> *Instituto de Astronomía Teórica y Experimental, Observatorio Astronómico Córdoba, CONICET-UNC*

Las lentes gravitacionales son un fenómeno predicho por la teoría de la Relatividad General. Este efecto está caracterizado por la desviación de la trayectoria de la luz procedente de un objeto emisor distante: los fotones cambian su trayectoria debido a la presencia de objetos masivos situados entre el objeto emisor y el receptor, denominados lentes. Mediante el análisis de dichas distorsiones, que se observan en las imágenes de galaxias distantes, puede estudiarse la distribución de masa en el universo.

Alternativamente, a partir del análisis de fluctuaciones no gaussianas presentes en el mapa del Fondo Cósmico de Radiación (CMB, por sus siglas en inglés), se puede reconstruir un mapa del parámetro de convergencia asociado a las lentes gravitacionales en todo el cielo. Este parámetro,  $\kappa$ , está relacionado con la densidad superficial de la lente, empleada en los estudios de distorsión de imágenes, por lo cual los resultados de ambos enfoques pueden ser fácilmente comparados.

En este contexto, centramos nuestro estudio en los efectos de lentes gravitacionales presentes en el CMB, a partir de un análisis de correlación entre el parámetro  $\kappa$  y la localización de cúmulos de galaxias. Además se realizará la comparación con estudios previos, basados en las distorsiones de imágenes de galaxias de fondo.

Para la reconstrucción de los mapas de convergencia,  $\kappa_{LM}$ , se emplea su descomposición en armónicos esféricos  $a_{lm}$ , provistos por la Colaboración Planck [1]. Como trazadores, se

utilizan muestras de cúmulos seleccionados de tal manera que corresponden a sistemas de galaxias masivos virializados, dadas sus condiciones morfológicas globales y de las galaxias miembro [2]. Mediante las herramientas que brinda el software HEALPIX [3] se computan perfiles promediados de  $\kappa$  alrededor de las muestras de cúmulos masivos, en diferentes direcciones de acuerdo a la orientación de cada sistema.

Se espera caracterizar anisotropías en la distribución de masa en gran escala alrededor de regiones de alta densidad, con sus correspondientes implicaciones cosmológicas y astrofísicas.

[1] Planck Collaboration VIII 2020, *A&A*, 641, A8

[2] Rykoff E. S. et al., 2014, *ApJ*, 785, 104

[3] Górski K. M. et al., 2005, *ApJ*, 622, 759

## PC-12 **Modelo efectivo de quarks con interacciones no locales instantáneas, compatible con datos observacionales astrofísicos y con QCD en la red.**

Carlomagno J P<sup>1 2</sup>, Contrera G A<sup>1 2</sup>, Grunfeld A G<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Física de La Plata, CONICET*

<sup>2</sup> *CONICET*

<sup>3</sup> *Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica*

Resumen: Presentamos un modelo quiral de quarks, para los sabores livianos  $u$  y  $d$ , con interacciones no locales, superconductividad de color e interacciones vectoriales, que reproduce satisfactoriamente tanto observaciones astrofísicas recientes como resultados en el vacío de QCD en la red (LQCD) en el gauge de Coulomb [1]. Nuestro modelo, extensión del propuesto originalmente por Nambu y Jona-Lasinio [2], incluye factores de forma instantáneos no locales, dependientes de las coordenadas espaciales del momentum.

Para densidad bariónica nula y temperatura finita, este modelo permite ajustar la temperatura quiral crítica que predice LQCD. Además, a temperatura cero y altas densidades, los parámetros seleccionados permiten elaborar una ecuación de estado híbrida (incluyendo una fase hadrónica) tal que se puedan reproducir los valores observacionales para la masa máxima y la deformabilidad de marea de estrellas de neutrones [1]. En el marco del modelo mencionado, mostramos en el presente trabajo, el diagrama de fases para la materia fuertemente interactuante estableciendo las regiones de simetría quiral rota o restaurada y/o fases con o sin superconductividad de color.

[1] G.A. Contrera, D. Blaschke, J. P. Carlomagno, A. G. Grunfeld and S. Liebing, *Phys. Rev. C* 105 (2022) no.4, 4.

[2] Y. Nambu, G. Jona-Lasinio, *Phys. Rev.* 122 (1961) 345

## PC-13 **Optimización de hiperparámetros de un sistema de aprendizaje supervisado para la construc-**

## ción de ondas gravitacionales

Villegas Andina A E<sup>1</sup>, Cerino F<sup>2, 3</sup>, Diaz Pace A<sup>4, 5</sup>, Tiglio M<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología - Universidad Nacional de Tucumán*

<sup>2</sup> *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba*

<sup>3</sup> *CONICET*

<sup>4</sup> *Instituto Superior de Ingeniería de Software Tandil*

<sup>5</sup> *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

Voy a discutir trabajo en progreso en la optimización de un esquema de aprendizaje supervisado para la construcción de modelos predictivos sustitutos de ondas gravitacionales [1]. Estos modelos están basados en una generalización recientemente introducida del formalismo de bases reducidas usando refinamiento del tipo hp-greedy, la cual resulta en un esquema de partición del espacio de parámetros con una estructura de árbol binario. Voy a discutir un esquema de optimización de hiperparámetros del formalismo resultante usando métodos Bayesianos, y resultados preliminares.

[1] Tiglio, M. & Villanueva, A. 2021, Reduced Order and Surrogate Models for Gravitational Waves. Living Reviews in Relativity volume 25, Article number: 2 (2022)

PC-14

## Simulaciones de magnetosferas en sistemas binarios compactos: estudio de métricas aproximadas y su implementación numérica

Venturi F<sup>1</sup>, Carrasco F<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba*

Los sistemas binarios compactos son aquellos compuestos por dos objetos compactos, como agujeros negros o estrellas de neutrones, que orbitan alrededor de un centro de masa común. Cuando al menos uno de estos objetos es una estrella de neutrones, se espera que se genere una magnetosfera conjunta poblada por un plasma tenue y campos magnéticos intensos. En dichos entornos, la interacción del plasma con la dinámica propia del sistema binario permite canalizar parte de la energía cinética hacia la producción de señales electromagnéticas. La caracterización de estas potenciales señales electromagnéticas precursoras (es decir, producidas antes de la colisión) es de gran relevancia en el actual contexto de astronomía de multiples-mensajeros, inahururada a partir de las primeras detecciones de ondas gravitacionales. El programa ONION [1] realiza simulaciones de la evolución de estos sistemas en las últimas órbitas estables previas a la colisión. El código permite estudiar la dinámica del plasma sobre un espacio-tiempo de fondo, representado por una métrica dada. En las simulaciones de sistemas binarios agujero negro/estrella de neutrones realizadas anteriormente con ONION, solo se tuvo en cuenta la curvatura del espacio-tiempo causada por la presencia del agujero negro (a través de una métrica de Kerr-Schild [2]), pero no se consideró la curvatura que causa la estrella compañera. El objetivo de este trabajo es explorar distintas posibilidades de

métricas aproximadas que representen tanto la prescencia del agujero negro como de la estrella de neutrones (similar a la propuesta en [3]); estudiar la validez de las mismas, eligiendo la que se considere más representativa, y luego implementarla en el programa ONION.

[1] F. Carrasco, M. Shibata, O. Reula. "Magnetospheres of black hole-neutron star binaries". *Physical Review D*, 104(6):063004, 2021.

[2] R. Kerr, A. Schild. "Republication of: A new class of vacuum solutions of the Einstein field equations (Reprinted)". *General Relativity and Gravitation*. 41. 2485-2499. 10.1007/s10714-009-0857-z, , 2009.

[3] F. Lopez Armengol, L. Combi, M. Campanelli, S. Noble, J. Krolik, D. Bowen, M. Avara, V. Mewes, H. Nakano. "Circumbinary disk accretion into spinning black hole binaries". *The Astrophysical Journal*, 913(1):16, 2021.

## PC-15 Vacíos Warped AdS $\times \Sigma$ en teorías de alta curvatura

Caselli G J<sup>1</sup>, Goya A F<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario*

<sup>2</sup> *Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET-UBA*

En este trabajo hemos estudiado una extensión particular de la correspondencia AdS/CFT [1] (Anti-de Sitter/Conformal Field Theory), específicamente, hemos trabajado en la conocida dualidad Warped AdS/CFT [2,3]. La Conjetura de Maldacena estableció una equivalencia entre dos teorías muy diferentes: de un lado, una teoría de gravedad (D+1)-dimensional en la geometría de Anti-de Sitter, y del otro lado una teoría de campos conforme D-dimensional en el espacio-tiempo de Minkowski. Una propiedad de la correspondencia AdS/CFT es que relaciona teorías en regímenes de acoplamiento opuestos. Por esta razón, resulta interesante buscar extensiones de la correspondencia a fin de aplicarlas, por ejemplo, en sistemas de materia condensada; para lo cual es necesario contar con un dual gravitatorio que realice geoméricamente las simetrías de la teoría de campos de interés. Además de lo mencionado, es interesante por sí mismo estudiar extensiones de la correspondencia AdS/CFT con el objetivo de verificar la generalidad de la holografía.

Esto es lo que ha motivado esta tesina, en la que se estudian las propiedades de la solución de agujero negro asintóticamente WAdS<sub>3</sub>  $\times \Sigma_{D-3}$  de la teoría de Einstein-Gauss-Bonnet (una teoría de gravedad con términos superiores en la curvatura). Hemos encontrado el resultado inesperado de que todas las cargas conservadas (masa, momento angular, entropía) del agujero negro son cero, mientras que la temperatura es finita. Otros autores han arribado a resultados análogos, por ejemplo, en la dualidad Lifshitz/gravity [4,5]. Este resultado indicaría la existencia de una región con comportamiento crítico en el espacio de parámetros de la teoría [6].

[1] Maldacena, J. (1999). The large-N limit of superconformal field theories and supergravity. *International journal of theoretical physics*, 38(4), 1113-1133.

[2] Detournay, S., Hartman, T., Hofman, D. M. (2012). Warped conformal field theory.

Physical Review D, 86(12), 124018.

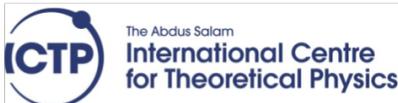
[3] Anninos, D., Li, W., Padi, M., Song, W., and Strominger, A. (2009). Warped ads<sub>3</sub> black holes. *Journal of High Energy Physics*, 2009(03):130.

[4] Kachru, S., Liu, X., and Mulligan, M. (2008). Gravity duals of lifshitz-like fixed points. *Physical Review D*, 78(10):106005.

[5] Cai, R.-G., Liu, Y., and Sun, Y.-W. (2009). A lifshitz black hole in four dimensional r<sup>2</sup> gravity. *Journal of High Energy Physics*, 2009(10):080.

[6] Lü, H., Pope, C. N. (2011). Critical gravity in four dimensions. *Physical Review Letters*, 106(18), 181302.

# SPONSORS





# Índice de Autores

- Abaca F, 587, 603
- Abad M J, 395
- Abate A, 403
- Abramson G, 12, 563, 593, 602
- Abufager P, 497, 534
- Accordino S R, 388, 391
- Acerbo E, 182
- Acevedo A d C, 604
- Acevedo M, 62
- Acevedo R, 41
- Acevedo R D, 40
- Acevedo S, 568
- Acha C, 482, 525
- Achaval P I, 21–23
- Achettoni M, 401
- Acosta A, 176, 381
- Acosta González R, 228
- Addad R R, 625
- Adroher Benítez I, 373
- Aguero C O, 29
- Águila P, 31
- Aguilar A, 132, 276
- Aguilera-Damia J, 531
- Aguillar Trejo E J, 579
- Aguirre A, 473
- Aguirre M, 482
- Aguirre Varela G, 21–23
- Aguiló V, 564
- Alarcón L M, 388, 391
- Albornoz C, 438
- Alcalá Marañón R N, 137
- Alcalde Bessia F, 337
- Alcoba D R, 91, 467
- Aldazabal G, 619
- Alejandro G, 166
- Ales A, 462
- Alet A, 176
- Alet A I, 60, 381
- Alfonso R, 166
- Aligia A, 514
- Aligia A A, 524
- Allouche A R, 95
- Alma M, 21
- Almassio F, 449
- Almeida G, 226
- Almeira J, 426, 577
- Almeira N, 306

Alonso A, 277	Anguiano S, 212, 214,	Arguello E R, 172, 181
Alonso G, 170, 194, 344,	223, 241, 441	Arista N, 81
382	Anibal G, 105	Arizmendi C M, 107
Alonso J A, 444	Anoardo A, 313	Arizu J A, 596
Alonso J M, 523	Anoardo E, 346	Arlego M, 57
Alonso L, 598	Ansaldó S, 622, 623	Arneodo Larochette P,
Alonso R E, 517	Antiba C, 268	327
Alonso Suárez R, 34	Antonelli M, 590	Arneodo Larochette P P,
Alvarez G, 183	Aparicio G, 266	544
Álvarez G, 140	Aparicio M G, 251	Arrachea L, 524, 538
Álvarez G A, 106, 115,	Apellido N, 27, 257, 260,	Arrese F G, 66
138, 141, 176	323	Arreyes F, 485, 528
Alvarez Glmenez J, 414	ApellidoPortu A, 144	Arriaga F, 420, 457, 462
Alvarez Y, 113	Appignanesi G A, 388, 391	Arrieta C, 251
Alvian Yañez R B, 460	Aramburu V M, 530	Arroyo A G, 29
Amado N, 607	Arana B, 287	Ascolani H, 469, 480
Amaya Holgado M, 350	Aranzadi J I, 622, 623	Ascolani Yael J E, 491
Amaya-Roncancio S, 534	Arbó D, 5	Asorey H, 622, 623
Amica G, 544	Arbó D, 91, 98	Attademo A M, 415
Amigó M L, 453, 533	Arce M D, 343	Attarantato V, 484
Amigo N, 75	Arcone D, 298, 323	Aucar G A, 73, 124
Ancari L, 157	Ardenghi J S, 485, 528	Aucar I A, 271
Andelsman F, 31	Arellano-Ramírez I, 534	Audebert F, 449
Andrés E, 619	Aresi A, 176, 381	Aurelio G, 500
Andrés M V, 269	Areta J, 358	Ausilio F O, 172, 181
Angelomé P C, 255	Argenti L, 72	Avalle L B, 508, 581

Avalos N, 615	Barcelona Hipperdinger C,	Belletti G D, 486
Avellaneda T, 119, 130	57	Bellora M S, 428, 439,
Aversa M, 250	Barcelona Hipperdinger	505, 542, 543
Avila C F, 127, 620	M, 27, 28	Bellotti M, 182
Avilés-Félix L, 513	Barella M, 216	Bellotti M I, 185, 186
Azaña J, 237	Barolin S, 65	Benas S, 587
	Barone E, 605	Benedetti P, 330
Büchner B, 453	Barrachina R O, 94	Benedetti V, 617
Bab M A, 588	Barraco D, 300, 504	Benegas J, 69
Bachi N, 93	Barral M A, 428, 439,	Bengio S, 483
Baez M, 201	454, 505, 542	Benito J G, 283, 294
Bagnato C, 432	Barrangú J P, 107	Bentz E N, 79
Bai F, 454	Barrat J L, 373	Bercoff P, 426
Baieli M F, 401	Barrat JL, 4	Berdakin I, 15
Bajac D F E, 73, 124	Barrera D, 47	Bergallo B O, 301
Balbuena C, 413, 450	Barrera M, 359	Bergant M, 320
Baldor S, 423	Barrios S, 403	Berge G, 330
Balenzuela P, 559, 560,	Barsotti D, 600	Bergier J, 221
574, 597	Bartolomé I, 554	Berlín G, 190, 385
Balmaceda F J, 312	Baruj A, 555	Berná L, 36
Banchio A J, 410, 411	Basiuk L, 174	Bernal C R, 395
Bande A, 82	Basso G A, 456	Bernardi G C, 151
Bany M F, 596	Bayala M P, 229, 264, 277	Bertoldi D S, 498
Baque L, 40	Bea E A, 552	Bertolini G, 235
Bär M, 343	Bejas M, 435	Bertolino G, 170, 194,
Barberis L, 610	Belelli P G, 528	344, 382

Bertou X, 615	Blengino Albrieu J L, 37,	Bouzat S, 425, 558, 572,
Bertuola M, 399	597	592
Berutti C, 337	Boarini M, 392	Bracamonte M V, 504
Berutti C J, 340	Bobet J L, 353	Bragas A, 250
Besana R M, 578	Bocchio V, 277	Bragas A V, 211, 242
Betancourth D, 478	Boechi L, 594	Brezán R, 163
Bettera Marcat M, 410	Boeris V, 423	Brichetto Orquera P G,
Beuve M, 160	Boero E, 614	617
Bevilacqua A M, 502	Boette A, 125	Brigante A M, 245
Bianchi M M, 27, 28	Boggiano H D, 242	BRINGA E, 494
Bianchi Vilelli M, 80	Bonelli Toro A, 298, 323	Bringa E, 75
Bianchini S, 178	Bonetto F, 100, 102, 182	Bringa E M, 79, 522
Biasetti D, 96, 100, 102	Bonetto F J, 185, 186	Brizuela H, 443
Biasetti D A, 209, 210,	Bonetto M, 131, 252	Brizuela J, 504
241	Bongiovanni M, 64	Brondino C D, 103
Biasetti D, 101	Bonifazi C, 615, 618	Bruchhausen A, 101, 214,
Biermann K, 257	Bonin C, 65	513
Bilen M, 221	Bordakevich S, 256	Bruchhausen A E, 257
Billoni O V, 577	Bordcoch M, 621, 625	Bruhlmann S, 174
Binda L, 292	Borio C, 221	Bruno L, 14, 418, 585
Binda L D, 285	Borioni J L, 388	Brusasco C, 454
Binet M V, 20, 26	Borrazás C, 416, 419	Bruvera I J, 456
Bivort Haiek F, 76, 100	Bortolussi S, 144, 193	Bubani F, 495
Bizotto A, 127	Boschin G, 596	Buchini Labayen A C,
Blanco P, 401	Bosyk G M, 113, 129	185, 186
Blatter G, 476	Bottcher S, 163	Budini N, 219, 258

- Buezas F S, 19
- Buffarini L, 247
- Bulnes F M, 572
- Bulus Rossini L A, 217,  
225–228, 237,  
243, 268, 269
- Burgardt M, 180, 189
- Burs T, 361
- Bustillos M, 217, 237
- Bustos B, 47
- Bustos Buenanueva P, 350
- Bustos R I, 320, 344
- Bustos-Marún R A, 431,  
468, 517
- Buszniez P, 167, 168
- Buteler M, 21
- Butera A, 166, 430, 476,  
520
- Cabaña A, 289
- Cabello C, 235
- Cabello F, 428, 439, 505,  
542, 543
- Cabeza G F, 487, 510, 529
- Cabra D, 516
- Cabrera A F, 446, 525
- Cabrera L, 619
- Cabrera Lacey E A, 157
- Caceres J, 504
- Calandrelli M E, 164, 379
- Calandrón V, 159
- Calaza F, 64
- Calderon Ardila R, 622
- Calderón-Ardila R, 623
- Caletti C B, 32
- Calvo H L, 468, 517
- Camacho A, 550
- Camargo S, 579
- Campanella B I, 51
- Campetella O, 274
- Campo M, 331
- CAMPO M G, 396
- Campo M G, 466
- Campos Marino M d P,  
218
- Camuyrano M, 583
- Cancela E, 523
- Candal R, 374
- Candia A, 86
- Candia L I, 596
- Caneiro A, 15, 546
- Cannas S A, 577, 579,
- 583, 610
- Canosa N, 117, 125, 130
- Cansolino L, 144, 193
- Cantargi F, 80
- Cantero E D, 95
- Canzonieri S H, 79
- Capeluto M G, 31, 233,  
261, 263, 541
- Cappelletti M A, 496
- Cappuccio L, 341
- Caputo F, 136
- Capuzzi P, 467
- Carabedo F, 351
- Carando D, 142
- Carassay A D, 45
- Carbonell P, 52
- Carbonio E A, 343
- Carbonio R, 440
- Cardillo E, 503
- Cariatore N D, 93
- Caridi D I, 594
- Caridi I, 560
- Carlevaro M, 174, 425
- Carlomagno J P, 627
- Carlotta S, 480
- Carlucci R, 60

- Carol-Coronel F, 527  
 Carrasco F, 628  
 Carrasquero M A, 166  
 Carreras H, 20  
 Carrero A, 359  
 Carretero N, 297  
 Carricondo J I, 361  
 Carrillo J P, 407  
 Carrion S, 530  
 Carrizo L, 550  
 Cartellone F A, 593  
 Carusela M F, 282, 295,  
     552  
 Casarin M, 480  
 Caselli G J, 629  
 Casini H, 617  
 Cassinese F, 290  
 Cassinese F F, 290  
 Castellani N J, 492, 528  
 Castellini H, 66, 167, 168,  
     176, 573  
 Castillo García M, 179,  
     185  
 Castro F J, 46, 353, 502  
 Catalano N, 563, 578,  
     581, 599  
 Catalano P, 190, 385  
 Catalini G, 373  
 Caviglia Román F, 458  
 Cedola P, 159  
 Cejas Bolecek N R, 478  
 Centres P M, 591  
 Ceolin M, 406  
 Cerino F, 600, 628  
 Cerrotta S, 207, 307  
 Cervantes M J, 174  
 Chacoma A, 577  
 Chafatinos D, 257  
 Chaswin Orradre M N, 66  
 Chattah A K, 110, 123  
 Chehade P, 329  
 Chej L G, 282, 295  
 Cherenscio C, 58  
 Chesta M Á, 157  
 Chialvo D R, 577, 579  
 Chilotte C, 55  
 Chilotte C E, 398  
 Choque F D, 265  
 Ciach A, 424  
 Ciafardini M, 542  
 Cianciulli A, 125  
 Ciappina M, 91, 94, 209  
 Cibils R, 360  
 Cicchini T, 559, 594  
 Cicuttín A, 590  
 Ciocci Brazzano L, 395,  
     422, 424  
 Cisternas E, 608  
 Citro R, 548  
 Clause A, 287  
 Cobelli P, 280  
 Cobelli P J, 280, 282  
 Cobos D B, 189  
 Codnia J, 218, 253, 270  
 Codoni C, 392  
 Cogo J, 268  
 Colmegna O, 259  
 Combi B, 582  
 Comedi D, 250, 452, 540  
 Condat C A, 610  
 Conde Garrido J M, 516  
 Contrera G A, 627  
 Contreras M, 32  
 Corach J, 424  
 Cordero M L, 407  
 Córdova D, 599  
 Coria D I, 539  
 Cormick C, 113, 131

- Cornes F, 562  
 Cornet M, 540  
 Cornette V, 570, 575  
 Cornette V C, 589  
 CORRAL G M, 396  
 Corral G M, 70, 466  
 Correa P, 38  
 Correa P G, 288, 293  
 Correa S, 499  
 Correa V F, 46, 472, 478,  
     515  
 Corregidor Carrió D H,  
     231  
 Corte I, 111, 116  
 Corte M, 356  
 Cortés E, 211, 212, 242  
 Corti A, 159, 161  
 Corti H, 428, 439, 505,  
     542, 543  
 Cortizo E, 87, 96,  
     100–102, 241,  
     287  
 Cortizo E C, 210  
 Corzi D L, 337  
 Cossaro A, 480  
 Costa A, 568  
 Costa M, 346  
 Costanzo Caso P A, 217,  
     225–228, 237,  
     243, 268, 269  
 Costello V, 530  
 Costilla I O, 488  
 Cotes S, 329  
 Cowes D, 298, 322  
 Cramero C, 350  
 Cremades P, 348  
 Crepaldi M, 144  
 Crespo E A, 79, 522  
 Crespo M L, 590  
 Cristina L J, 89  
 Crosta T, 117  
 Crovo O, 222  
 Cruz J L, 269  
 Cruz Villegas L, 334  
 Cruz-Zaragoza E, 162  
 Cuello N, 196  
 Cuevas S, 560  
 Cullen J, 259  
 Curchod C, 32  
 Curci I, 434  
 Curiale A H, 164, 379  
 Curiale J, 513  
 Curlik I, 512  
 Cuzziol Boccioni A P, 415  
 Cyrulies E, 63  
 D Angelo C, 39  
 D'Onofrio A, 295  
 da Costa Gomes M F, 602  
 DAccurso V, 253  
 DAcurso V, 311  
 Dalla-Salda G, 337  
 Dalosto S, 103  
 Damonte L, 117, 159  
 DAngelo C, 30, 220  
 DAngelo C A, 264, 277  
 Danon A, 364  
 Darriba G N, 506  
 Dassie A, 204  
 Dassie A C, 204  
 Dattoli Viegas A M, 142,  
     193  
 Daverio N, 298  
 Dávila M, 69  
 De Avanzo N, 249  
 De Biasi E, 430, 536  
 de Florian A, 579  
 de Haro Barbas B F, 19,

24	Della Picca R, 91	Diaz Pace A, 628
De la Cruz Feliz N M, 572	Dellavale D, 179	Diaz Schneider J I, 305,
De la Cruz N, 569	Delmastro J, 333, 363	329
De La Haye B, 96, 100,	Delorenzi T, 70	Diaz Torres F M, 70
102, 210, 241	Deluque Toro C, 511	Didoné P J, 484
De La Iglesia G, 100	DENETT A, 127	Dietsche W, 538
De Los Santos P, 341	Destri S, 163, 178	Díez-García M I, 297
De Micco L, 590	Detarsio G, 381	Digón M A, 398
De Rossi M C, 418	Di Bárbaro E M, 604	Dimitriou P, 100
de Sanctis M L, 92	Di Luozzo N, 448	Divi F, 62
De Virgiliis A, 475	Di Napoli S, 454	Dizeo Cereigido V, 456
Decolatti M, 64	Di Napoli T, 232	Dobry A, 473
Defeo M M, 180	Di Pierro V, 249	Doldan Arrubarrena V,
Degiovanni I P, 206	Di Prinzio C L, 21–23	594
Del Campo F, 319, 320,	Di Rocco A A, 248	Dolz M I, 47
341	Di Tulio L, 176	Domancich N F, 492
Del Campo L, 444	Di Tullio L, 381	Domenichini P, 233, 541
Del Pópulo M, 384, 396	Di Tullio M, 125	Dominguez D, 504
Del Pópulo M G, 388	Diambra L, 566	Dominguez F, 69, 304
del Popolo P, 137	Díaz Celauro L, 132	Dominguez F D, 106
del Pozo S M, 559	Díaz De Rosa V L, 517	Dominguez M, 118
Delaplace L, 180	Diaz G M, 172	Donato C, 355
Delgado Mons R, 570	Díaz J I, 219	Donato C E, 311
Delgado Mons R N, 575	Diaz J M, 624	Dondi D, 144
DElia R, 34	Díaz L E, 555	DOnofrio A, 288
Dell Erba M, 582	Diaz N, 127	Donofrio A G, 282

- Dorso C, 562
- dos Santos G, 494, 608
- Dran M, 214
- Drazer G, 285
- Drechsler M, 114
- Duffó G S, 361
- Duplancic F, 614
- Duran T, 19
- Durantini E N, 392
- Durantini J E, 392
- D'Angelo C A, 222
- D'Angelo C A D, 229
- Echave M E, 563, 578,  
599
- Edorna F, 260
- El Hasi C, 52
- Elías AG, 7
- Elaskar S A, 468
- Elias A G, 19, 24
- Elías F, 442, 484
- Encina S, 87, 96,  
100–102, 210,  
241
- Engels F, 214
- Enzo A, 161
- Ermann L, 131
- Ermiaga J M, 340
- Errazquin J, 341
- Errázquin J, 320, 342
- Errico L, 454, 553, 554
- Errico L A, 496
- Ertler C, 304
- Escalante G, 274
- Escobar Quiroz J F, 293
- Escoda Avila M A, 236,  
357
- Escudero Bruna E, 47
- Escudero F, 485
- Espain M S, 152
- España M, 349
- Español B, 280
- Esponda N J, 84
- Esquivel M, 325, 356
- Estrada E, 615
- Estrada J, 252
- Estrada L, 234
- Etchepareborda D, 96,  
100
- Etchepareborda D M, 102
- Etcheverry M E, 197, 246
- Faccio R, 506
- Facelli J C, 97
- Facio J I, 552
- Fadel C, 530
- Fagiano F P, 544
- Faigón A, 184
- Fainstein A, 16, 101, 212,  
223, 257
- Fainstein P, 87, 96,  
100–102, 210,  
241, 287, 289
- Fajardo J, 138
- Falagán C, 220, 264
- Falcioni S A, 285
- Famá L, 374, 404
- Fama M, 585
- Fanaro M d l A, 57
- Farengo R, 291
- Farina S B, 361
- Fasanella M, 21
- Fasano Y, 8
- Fasciszewski A, 217, 237
- Fasoli H J, 319
- Fasóli H J, 347
- Fava J, 334
- Fava J O, 351

Feiguin A, 514	213, 431	Floreano L, 480
Feijoo J, 436	Ferrara C G, 484	Flores P, 180, 189
Felix-Pozzi M, 154, 190, 385	Ferrari C, 144, 193	Florio B, 605
Felser C, 453	Ferrari J, 157	Fojón O, 92
Fernández Casafuz A B, 418	Ferrari M, 193	Fonrouge Kotik S F, 388
Fernandez D M, 288	Ferraris S, 621	Fontana M R, 448, 465, 471, 516
Fernandez F, 300, 504	Ferraro M B, 97	Fornaro O, 30, 264, 542
Fernández Gauna M C, 47	Ferreiro D U, 567	Forte G O, 346
Fernández Guillermet A J, 498	Ferrero E E, 369	Forzani L, 103, 259
Fernandez J, 65	Ferreya C, 438, 482	Fotínos J, 610
Fernandez L, 43	Ferreya M V, 368, 606	Franchi A, 14
Fernández L, 460, 509	Ferreya R, 443	Franco D G, 500, 515
Fernández M, 225, 227	Ferullo R M, 528	Franco V G, 415
Fernández Márquez J C, 371	Figueira F, 319	Frank G, 562
Fernandez R P, 36	Figueroa C M, 62, 414, 443	Franksteiner B, 180, 189
Fernández V, 554	Filgueira L, 246	Frattini G, 473
Fernandez X, 587	Filgueira L E, 245	Frechero M, 326, 503, 523
Fernández Y, 191	Fino D, 157	Frechero M A, 312, 487
Fernández Zuvich A, 502	Fino V. D, 137	Fregenal D, 87, 96,
Fernandez-Alcazar L J, 275	Fiol J, 87, 96, 100–102, 210, 241, 287, 289	100–102, 210, 241, 287, 289
Fernández-Alcázar L J,	Fligler A, 51	Fregenal D E, 151
	Fiora M M, 389	Freire Parola G I, 69
	Fischer L, 178	Freytes V M, 282, 295
		Frigerio P, 101, 287

- Frigerio Parenza P, 96,  
100, 102, 210,  
241
- Frisco A, 398
- Frisco L, 83
- Fuente S A, 492
- Fuentes R, 526
- Fuertes M C, 438, 535
- Fuhr J, 87
- Fuhr J D, 469, 480
- Furlong O J, 591
- Furnari J C, 471
- Fusé V, 38
- Gaffet P J, 32
- Galassi M, 148, 176, 381
- Galassi M E, 160
- Galassi V, 384, 396
- Galay F, 116
- Gallardo M, 98
- Galpern E A, 567
- Games S, 180, 189
- GANDINI G, 119
- Gandur M, 24
- Garavaglia L, 180, 189
- Garavaglia M, 197
- García Blanco A A, 297
- García Contreras M B,  
585
- García D J, 78
- García D J, 478
- García Einschlag F, 39
- García Gallardo J A, 199
- García J, 302
- García L, 590
- García Lambas D, 614,  
626
- García Mazzanti P N, 341
- García N A, 371, 373, 393
- García Piccinini O, 172
- García R, 157
- García-Diez R, 343
- García-Martínez P, 279
- García-Scrigna J A, 310
- Gard F S, 40
- Garea V, 14
- Gargiulo J, 216, 255
- Gastien R, 495
- Gasulla D, 251
- Gaudio M E, 607
- Gauto I, 168
- Gayol A, 169
- Gayone J E, 469, 480
- Gazza C, 532
- Gazzano G D, 401
- Geck J, 453
- Gennari F, 327
- Genovese M, 206
- Gentile Falcone L, 333
- Gerdau F N, 203
- Gervais B, 160
- Gervaldo M A, 392
- Gervasoni J, 81, 471
- Gervasoni J L, 199
- Geuna A, 500
- Gharat S H, 401
- Gharibnejad H, 72
- Ghignone R, 346
- Ghivelder L, 438
- Giache Y, 27
- Giaché Y, 28
- Giaroli M E, 350
- GIFFI C P, 50
- Gigena N, 125
- Gil Rebaza A, 446, 454
- Gil Rebaza A V, 496, 511,  
517, 534, 547,  
553, 554

Gimenez L, 180, 189	Gómez Berisso M, 337	102, 241, 287,
Gimenez M, 138	Gómez Dumm D, 621	289
Giménez M A N, 199	Gómez E, 581	Gonzalez J M, 79, 522,
Gimenez M C, 605	Gómez Garay I, 102	616
Giménez M C, 508, 581	Gomez J, 450, 476	Gonzalez M, 241, 441
Giménez M L, 140	Gómez J, 430, 463	González M, 214
Giordana M F, 521, 551	Gomez L, 370	González M G, 422
Giovannini M, 512	Gómez L, 85, 403	González M M, 192, 196
Girdano S, 180	Gómez L R, 371, 393	Gonzalez N, 615
Giudici P, 499	Gómez M, 167, 298, 322,	Gonzalez N. F, 137
Giuliano M, 582	323	Gonzalez Padín T, 137
Gleiser P M, 573, 583, 610	Gomez N, 253	González R, 53, 296
Gliosca S, 525	Gómez Paccapelo J M,	González Rodríguez Diez
Gogorza C, 27, 28	606	M, 507
Gojman D, 430, 438, 450,	Gómez S S, 123	González S, 142, 144,
463, 520	Gomez V, 64	149, 193
Gollan F, 621	Gómez-Fava F, 176	González S J, 146, 152
Golmar F, 152	Gonçalves S, 602	Goya A F, 629
Gomba J, 38	Gonzáles C C, 120	Goyanes S, 261, 263, 360,
Gomba J M, 58, 288, 293	Gonzales J, 210	374, 376, 404,
Gomes E N, 184	González C E, 121	416, 419
Gómez Albarracín F A,	Gonzalez D, 400	Graemiger M A, 64
516	Gonzalez D E, 64	Gramajo A A, 584
Gómez Andrade, V, 499	Gonzalez E J, 626	Granado M, 574, 575, 580
Gómez B J, 60, 333, 473	Gonzalez F, 157	Granja L, 438, 526, 535
Gomez Bachar L J, 404	González J, 87, 96, 100,	Gravielle M S, 83

- Grecco H, 232
- Greco A, 435
- Grigera T, 484
- Grigera T S, 568, 577, 579
- Grinblat G, 211, 242, 250
- Grisanti P, 409
- Grizzi O, 95, 432
- Grosso M, 20
- Grosz D F, 223
- Grumel E, 235
- Grunfeld A G, 621, 627
- Guarda T A, 94
- Guarepi V, 239
- Guarino W E, 596
- Guerrero L M, 457
- Guerrero Salazar L M, 521
- Guichal G, 217
- Guidi C, 193
- Guisande N, 576, 580, 594, 596
- Guisoni N, 566, 585, 598
- Gulich D, 247
- Gustinelli H, 200
- Gutierrez L, 250
- Gutiérrez M, 351
- Gutiérrez N J, 407
- Guyon M, 513
- Guyón M, 101
- Guz L, 374, 377
- Guzmán J A, 258
- Guzmán L, 411
- Haberkorn N, 62, 472, 477, 483, 515, 537, 555
- Halac E, 40
- Hamad I, 49, 497
- Hamad I J, 514
- Hazarabedian A, 298
- Hehn M, 450
- Heidenreich E, 341
- Helman C, 514
- Heredia M, 346
- Hermida É B, 399
- Hernández A, 330
- Hernández D, 180, 189
- Hernández González O M, 159
- Hernández Guance S N, 539
- Herrera A, 119
- Herrera Mateos J, 538
- Hess C, 453
- Hofer A, 483
- Hofer J A, 537, 555
- Holik F, 111, 116, 128
- Holldack K, 444
- Horas J A, 189
- Huck Iriart C, 331
- Huerta M, 10
- Huespe A, 259
- Hurtado-Aular O, 528
- Iacovone C, 374, 404
- Ibañez L, 201
- Id Betan R, 204
- Id Betan R M, 203
- Iguri S, 616
- Impróvola S C, 41, 330, 601
- Insausti J, 330
- Iofrida M J, 364
- Ippolito I, 292
- Ippolito I P, 285
- Irastorza R M, 174
- Iroulart E A, 452
- Irurzun A, 27
- Irurzun I, 180, 189

Irurzun I M, 539	Kayser P, 444	599
Irurzun M A, 28	Kaziemierski L D, 578	Kuffer M, 106, 115
Isoardi R, 137, 157	Kazimierski L D, 563,	Kuperman M, 425, 558,
Isola L M, 551	581, 599	572
Iucci A, 436	Kemmerer A, 103	Kuperman M N, 577
Ivanovich N, 249	Kettmayer C, 234	Kurnosov A, 431
Jais C E, 530	Khemliche H, 95	Kuznetsov A, 257
Jan E, 54, 56	Kleiman A, 525	Kuznetsov A S, 223
Jauregui Capelli E, 456	Knoblauch P, 59, 87, 96,	Kyanka S I, 316, 328
Jiménez C E, 343	100–102, 210,	Labaroní M S, 57
Jiménez P, 140, 164, 379	241	Laborde S, 30
Jodra S, 462, 490	Knoll L, 129, 206	Lacapmesure A M, 56
Jorge G A, 398	Knoll L T, 252	Lacomis H, 355
Jovicich J, 138, 183	Knop-Gericke A, 343	Lacomis H A, 311
Juan A, 19	Knoublach P, 287, 289	Lacour D, 450
Juan J, 485	Kochen S, 594	Laguna F, 14, 598
Juarez A E, 282, 295	Koivunoro H, 142	Laguna M F, 560, 584
Juarez M, 116	Kolton A B, 429, 442, 484	Lain L, 91, 467
Jugo Giuggiolini A D, 325	Konig P, 52	Laiz H, 331
Juliarena P, 38	Konverski P N, 347	Lajmanovich R C, 415
Kahan A, 131	Kottos T, 213, 275, 431	Lamagna A, 15, 87, 96,
Katz N, 452	Kovensky N, 616	100–102, 210,
Kaul E, 87, 96, 100–102,	Kozameh A, 118	287, 289
210, 241, 287,	Kozameh C, 621	Lamas C, 554
289	Kropff E, 587	Lamas C A, 29
	Kubisch E, 563, 578, 581,	

- Lamas D, 192
- Lance P, 370, 403
- Landínez Téllez D, 511
- Laneri K, 563, 578, 581, 584, 599
- Langenheim M, 21
- Lanoël L, 536
- Lanz C A, 301
- Lanzini F, 420, 462
- Lardone L, 14
- Larotonda M, 129
- Larotonda M A, 251, 252, 266
- Lasave J, 497
- Latorre M E, 337
- Laudari A, 351
- Laura D, 161
- Lavirgen J, 349
- Lavorato M B, 316, 328, 355
- Lazcano Colodrero D A, 328, 366
- Leal Martir R E, 482
- Lechner W, 304
- Lechón Páez L S, 188
- Lecourt J, 482
- Ledesma S, 31, 256, 261, 263
- Lee J B, 212
- Leguizamon G N, 604
- Leiva E, 10, 300
- Leiva S, 556
- Lencina A, 277
- Léonforte F, 373
- Levy P, 458
- Levy P E, 305
- Levya G, 461
- Lima Jr E, 509, 527
- Lima Jr., 432
- Limousin L G, 496
- Linares Gómez J C, 51
- Lingenfelder M, 480
- Lipovetzky J, 178, 337
- Lis Tous M, 16
- Lisazo C, 137, 157
- llauradó harvey p, 604
- Lobayan R M, 79
- Lobo Maza F E, 530
- Lobo N, 530
- Lobo-Checa J, 86
- Lobos A, 436
- Lodeiro A, 407
- Lohmiller T, 444
- Lohr J, 500
- Lombardo C, 137, 157
- Lombardo F, 126
- Lomoc F, 125
- Londero C, 60
- Longhino J, 269
- Longhino J M, 200
- Longo C, 251
- Longone P J, 572, 602
- López I, 31
- Lopez L F, 265, 274
- López M B, 530
- López O, 226
- López Porto C, 499
- López Pumarega M I, 323
- Lopez R, 575
- López R, 570
- López R H, 589
- López S, 91, 98
- Lorente N, 534
- Losada M, 111, 113
- Lozano Negro F S, 126
- Lucero A, 201
- Lucero A P, 69
- Lucero D H, 172, 181

Lucero Manzano A M, 432	Maier S A, 211, 212, 242	162, 191
Lucrecia G, 161	Majtey A P, 109	Marchetti G, 525
Luda M, 270	Makinistian L, 47	Marchi J, 567
Luders U, 482	Malachevsky M T, 556	Marcial E R, 231
Luengo G S, 373	Malano F, 169	Marcolongo B, 595
Luengo J, 365	Malarría J A, 521, 551	Marconi V I, 407, 409–411
Lugo J O, 341, 363	Maldonado A S, 45, 510	Margarit D H, 41, 330,
Luna M F, 266	Maldonado Ochoa S A,	601
Luna N S, 181	530	Mariano A, 455, 550
Lund A M, 97	Maljuk A, 453	Marín Ramírez O, 443
Luparello H, 626	Maltese P D, 181	Marin-Ramirez O, 414,
Luppino E, 51	Malvasio B F, 551	540
Luppo M I, 364	Manavela Chiapero E, 309	Marpegan L, 132
Luque G L, 315, 530	Manavela E, 15	Márquez A, 525
Lurgo F, 440	Manavella E C A, 625	Márquez Zavalía M F, 472
Lusi A R, 34	Mancardo Viotti A M, 552	Marsano J, 319
Ma A, 201	Mancini A, 363	Martinez O E, 56
Maceira P, 96, 100, 102	Manfredi M, 58	Martens K, 369
Madile Hjelt M, 563	Manna K, 453	Martí A, 63
Madrid M, 400, 425	Mansilla R A, 38, 288, 293	Martin D A, 579
Magán J, 617	Manuel L, 514, 532	Martin N E, 134
Maglione C G, 109	Manzelli N, 176	Martinek L, 214, 244
Magnelli D E, 487	Manzi S J, 591	Martínez E, 132, 276
Magnoni A, 129	Marante C, 72	Martinez E D, 305, 329
Magnoni A G, 252	Marcaccio B, 144, 193	Martínez E D, 255
	Marcazzó J, 135, 136,	Martínez J, 238

Martinez L P, 255	Mazzitello K I, 107	Mercado D, 190, 385
Martínez L P, 216	Medan V, 564	Meriles C, 6
Martínez M F, 258	Medina A, 117	Merlo J, 462
Martinez N, 191, 574, 575	Medina Chanduví H, 454,	Meroi F, 65
Martinez O E, 54	553	Mestelán S, 277
Martinez Stagnaro S, 460	Medina Chanduví H H,	Meyra A G, 424
Martínez Valdiviezo J H,	496	Miceli F, 580
254	Medina F D, 24	Miceli F, 575
Martinez-Meier A, 337	Medina J E, 456	Michati F, 65
Martino L, 264, 277	Mehring E L, 517	Micheletti L M, 351
Martino L J, 39	Meier L A, 492	Micheletti M I, 20, 25, 26
Martinovich C, 280	Mejia A, 461	Mieras M M, 350
Martorell N, 564	Melendi Y, 19	Mieza I, 322
Marzocca A, 376	Melendi Y D, 33	Milano J, 426, 430, 450,
Mascaro Grosso H, 168	Melo Quintero J, 553	463, 520
Massa N E, 444	Melon Fuksman D, 306	Mildiner A, 232
Massaccesi G E, 91, 467	Melone M, 556	Millán E N, 474
Massaccesi N, 137	Mendez A M P, 74, 76, 88	Mingolo N, 54
Masuelli S, 31	Mendez C G, 259	Miño G L, 386, 411
Mateo G, 395	Mendicino L R, 208	Miranda E N, 593
Matera J M, 127	Mendoza Herrera L J,	Mirkin N, 112
Matera M, 117, 554	230, 235	Miskovic Z, 81
Mato G, 164, 379	Mendoza J, 246	Mitelman J, 180, 189
Mattea F, 188	Menéndez C A, 388, 391	Mitnik D M, 74, 76
Mayo M, 619	Menéndez M D C, 159	Mogensen G A, 536, 537
Maza D, 368	Meneses F, 426	Mogni L, 12

- Mogni L V, 343
- Moguilner S, 157
- Mojica Sepulveda R D, 235
- Molina P, 135, 191
- Molle A, 82
- Mollerach S, 616
- Monaldi A C, 219, 258
- Monastra A G, 282, 295, 552
- Monchietti E, 128
- Mondragón A, 550
- Montanari C C, 74, 76, 88, 100
- Montani F, 574–576, 594, 596
- Montecinos S, 466, 533
- Monteiro M, 63
- Monteiro Pires M, 407
- Montero E, 159
- Montero J, 401
- Montes M L, 517
- Monti J M, 84
- Monticelli F, 117
- Montiel Barbará J E, 319, 320, 341, 342
- Montivero M E, 41
- Mora T, 567
- Morales F, 461
- Morales J, 251, 266
- Morales R, 447
- Morán M, 80, 479
- Morando C, 30, 542
- Morante J R, 297
- Morbidel L, 225–227, 243, 269
- Morel E N, 207, 307
- Morel L, 530
- Morelli L G, 601
- Moretti G Q, 211
- Moretto M, 138, 183
- Moreva E, 206
- Morgan N M, 279
- Morozova T I, 373
- Morresi A P, 64
- Morrone J M, 320
- Moscuzza H, 420
- Mosquera L, 334
- Mosquera Panizo M, 495
- Moya J, 449
- Moya Riffo A, 479
- Moyano N, 137
- Mucci J, 274
- Mudarra Navarro A, 454, 553
- Muller M, 406
- Muñoz J C, 52, 172
- Murcia-López S, 297
- Nadal M, 156
- Nagel O A, 528
- Nan L, 242
- Napal M A, 45
- Napán R, 338
- Narambuena C, 401, 423
- Navajas J, 597
- Navarrete F, 94
- Navarro Di Mari L d C, 530
- Navarro Febre T, 70
- Navarro-Febre T, 70
- Nazarewicz W, 204
- Neñer L, 303
- Negri L, 393
- Neñer J, 560
- Neyra Astudillo M R, 323
- Neyra E G, 209
- Nieva G, 533, 536

- NIEVA J, 127, 130, 620  
 NIEVA J L, 116, 119  
 Nieva J M, 32  
 Niro F, 87, 96, 100–102, 210, 241  
 Niz A E, 35  
 Noell L, 434  
 Noseda Grau V, 490, 519  
 Noseda M, 282  
 Notenson T, 110  
 Novara I, 333  
 Novello L, 138, 183  
 Nuñez Barreto N, 131  
 Nuñez Barreto N A, 114, 245  
 Nuñez J L, 486  
 Ochoa J, 587, 603  
 Ogando K, 329  
 Ojeda Alvis J, 292  
 Olguín O R, 189  
 Oliber E, 556  
 Oliva F Y, 508  
 Oliva M I, 315, 486, 493  
 Oliva R, 266  
 Oliva Trevisan A, 581  
 Olivares C, 105, 151, 536  
 Olivieri J, 160  
 Olivieri N A, 59  
 Olsen J, 72  
 Oña O B, 91, 467  
 Orendt A M, 97  
 Orlandini A, 532  
 Orozco M, 455  
 Orozco M A, 79  
 Orte F, 34  
 Ortega F, 135  
 Ortega R G, 347  
 Ortiz E d V, 29, 32, 35, 41  
 Ortiz G P, 273  
 Ortiz L, 226, 227  
 Ortiz O E, 613  
 Ostapchuk G, 190, 385  
 Otero L, 594  
 Otero L A, 392  
 Otero M, 43, 300, 504, 530  
 Otranto S, 93  
 Ott F, 430  
 Oviedo B, 300  
 Pachao N, 96, 100, 102  
 Pagan C, 98  
 Pagano P, 249  
 Pagano P L, 254  
 Pagnola M, 449, 461  
 Pagola G I, 97  
 Pagura M, 316, 328  
 Paissan G H, 583  
 Palacio A, 225  
 Palacio M, 410  
 Pallares Di Nunzio M, 576, 594, 596  
 Pallares di Nunzio M, 580  
 Palma Do Carmo M, 212  
 Palma J, 399  
 Papuccio Fernandez I A, 223  
 Papuccio I, 257  
 Parada-Puig R, 274  
 Parisi F, 438  
 Pascual J P, 268  
 Pasinetti P M, 571, 586, 606  
 Pasquale M A, 197  
 Pasquini G, 233, 541  
 Passanante S, 438, 535  
 Passeggi Veaute V, 64

- Passeggi(h) M C, 415  
 Pastawski H M, 110, 123,  
     126  
 Pastoriza H, 214, 241,  
     427, 441  
 Patterson G, 605  
 Paulin M A, 430  
 Payán Aristizábal A, 499  
 Paz A, 300  
 Paz J P, 16  
 Pedano M L, 212  
 Pedraza L, 138, 574, 597  
 Pedraza Pérez L A, 140,  
     141  
 Pedrazzini P, 478, 515  
 Pelaez P, 323  
 Pelaéz Ruiz D, 82  
 Pelegrina J L, 519  
 Peltzer P, 415  
 Peña D, 86  
 Pena G, 52  
 PEÑAFLORES Y B V, 50  
 Peralta A O, 319, 320,  
     342  
 Peralta C S, 340  
 Peralta J, 116, 130  
 Peralta J P, 74, 88  
 Peraza J, 613  
 Perazzo C A, 288, 293  
 Pereyra M, 264, 277  
 Pérez A L, 103  
 Pérez Bertolli C, 615, 621  
 Perez D, 190, 241, 385,  
     427  
 Perez de Nucci V, 414  
 Perez E J, 591  
 Perez J, 549  
 Perez M, 337  
 Perez M D, 499  
 Pérez Martínez Á A, 520  
 Pérez P, 133  
 Pérez P D, 80, 105, 536  
 Perillo P M, 352  
 Perlo L, 87, 96, 100, 102,  
     210, 241, 287,  
     289  
 Petrini G, 206  
 Petrovich F, 130  
 Pettarin V, 549  
 Peyton R, 238, 239  
 Piacentini F, 206  
 Piamonteze C, 463  
 Picco A, 406  
 Pico R, 497, 534  
 Picón D, 376  
 Pimentel F M, 569  
 Pinasco J P, 574  
 Piñol G, 20  
 Piñol G A, 25  
 Piqueras C M, 488  
 Piqueras M, 403  
 Pizarro A, 244  
 Pizarro L, 406  
 Pizarro N A, 214  
 Plascak J A, 78  
 Plastino A R, 109  
 Pluss R, 176, 573  
 Po S, 212  
 Poklepovich S, 255  
 Politis M, 92  
 Polyakov S, 206  
 Poma A, 174  
 Poma A L, 196  
 Pomarico M, 337, 340  
 Pont F, 82  
 Porini S, 176, 381  
 Portesi M, 113  
 Portu A, 193

- Portu A M, 146, 151, 152
- Postuma I, 144, 193
- Prada A, 75
- Prado A, 241, 427, 441, 464, 546, 592
- Prado F, 546
- Prado F D, 464
- Prado M, 156
- Presti D, 221
- Proetto C, 214
- Provasi P F, 79
- Provenzano L, 193
- Puccinelli M, 330
- Puchol J, 396
- Pugnaloni L, 425
- Pugnaloni L A, 368, 401, 606
- Pugni M, 27, 28
- Pujol J M, 128
- Pulgar E, 409
- Pulmari M, 330
- Quaino P, 486
- Queirolo I D, 618
- Querales Flores J D, 548
- Quevedo R A, 37
- Quille R, 336
- Quiñonez W, 482
- Quinteiro Rosen G F, 271
- Quintero L, 374, 404
- Quintero M, 438, 461, 535
- Quinteros C, 458
- Quinto M A, 84
- Qurelli P, 41
- Quiroga E, 423, 571
- Quiroga J, 266
- Quiroga M A, 172
- Rafti M, 406
- Raineri M, 98
- Rakovich A, 4, 212
- Ramirez A J, 569
- Ramirez L, 9
- Ramirez L S, 569
- Ramirez Pastor A, 608
- Ramirez Pastor A J, 350, 571, 572, 606
- Ramirez Pastor J A, 423
- Ramirez-Pastor A J, 581, 586
- Ramirez-Pastor A j, 602
- Ramos A Y, 213, 275
- Ramos C, 40, 426
- Ramos J, 96, 100–102, 210, 241
- Ramos K, 434
- Ramos N, 277
- Ramos S, 460
- Ramos S B, 45, 498, 510, 522
- Ramos Villalobos K J, 475
- Rampp M, 524
- Ramunni V P, 539
- Randazzo J M, 72, 85, 91
- Raviola L A, 60, 333
- Raviolo S, 315
- Razzitte A, 319
- Real M, 538
- Reale M V, 41, 330, 601
- Rebola A, 497
- Rebon L, 116
- Rebón L, 111, 117, 209, 254, 256
- Redondo C, 447
- Reichl C, 538
- Reiffers M, 512
- Reinaudi L, 508, 605
- Reiris M, 613

Relloso J, 349, 351	176, 381	Rodríguez M, 353
Remaggi M L, 612	Ritacco H, 367	Rodríguez M B, 126
Rentería M, 506	Rivarola R D, 84	Rodríguez M C, 106, 172
Repetto C E, 60, 333, 473	Riveaud L, 455	Rodríguez Núñez J J, 548
Represas G, 172	Riveaud L E, 79	Rodríguez R, 119
Restrepo-Parra E, 534	Rivera C M A, 172	Rodríguez Ruiz G F, 524
Revelli J A, 607	Rivero C, 41	Rodríguez Torres C, 446,
Reviglio A L, 43, 67, 509	Rizzotto M G, 189	525, 553
Révora C, 261, 263	Roa P M, 271	Rodríguez-Lopez G, 369
Reyna Almandos J, 98	Roa S, 447	Roht Y L, 285
Reynoso A, 36	Roa-Rojas J, 511	Rojas T A, 116, 119, 127,
Reynoso A A, 212, 257	Roatta A, 60, 333	130, 620, 621,
Rezinovsky S, 537	Robles R, 534	625
Riback J S, 146, 193	Rocca J A, 465, 471, 516	Rojos G, 286
Ribetto F D, 468	Rodrigo L, 161	Roldan G D, 162
Ribo Montenovo C, 169	Rodríguez D, 252	Roldan M P E, 181
Riccardo J J, 571, 606	Rodríguez D, 516	Roldan T d V, 172, 181
Riccardo J L, 571, 606	Rodríguez D F, 352, 359	Romá F, 494
Rinalde F, 226, 227	Rodríguez E E, 59	Romanelli L M, 41, 330,
Ríos E, 467	Rodríguez Estela J C, 513	601
Ríos E, 91	Rodríguez G D, 29	Romero R, 236, 357, 490
Ríos I, 210, 241	Rodríguez J, 64	Romero S, 154
Ríos I, 87	Rodríguez L, 105	Rosa A J, 515
Ríos N, 52	Rodríguez L A, 273	Rosales H D, 452
Ripoll L, 221	Rodríguez L M, 151	Rosato Siri V, 132
Riquelme B, 167, 168,	Rodríguez M, 69	Rossi Fernández A C, 492

Rossignoli R, 117, 125, 127, 130	Saidman E, 138, 183	Sánchez E A, 95
Rossignoli R D, 125	Saidman E L, 176	Sánchez E S, 317
Rossini A E, 193	Saint Martin G, 151, 152	Sánchez F, 581, 621
Rosso O, 576, 594, 596	Sala Crist A, 162, 420	Sanchez G A, 56
Roston G B, 66	Salazar Alarcón L, 214	Sánchez M D, 464, 488, 546
Roulet E, 616	Salazar Alarcon L d J, 441	Sanchez M J, 504
Rozan E, 558	Salazar L, 241, 427	Sánchez M J, 434, 482
Rozas , 241	Salcedo Rodríguez K, 553	Sanchez Oyarbide F, 416
Rozas G, 101, 214, 244, 441	Saleta M, 59, 509, 527	Sánchez Oyarbide F, 419
Ruano G, 86, 89, 415	Salgado A, 560, 594	Sanchez P, 413
Ruano Sandoval G, 105	Salgado R, 326	Sánchez R, 440
Rubi D, 482	Salgueiro W, 466, 533	Sánchez R D, 509, 527
Rubio J, 350	Sallago P, 33	Sanchez Varretti F, 523
Rubio Puzzo M L, 568	Sallese M, 258	Sanchez Varretti F O, 350, 572, 596
Rubio R, 43	Salomón F, 452	Santa Cruz G, 6, 144, 146, 149
Rubrecht B, 515	Salomone H D, 51, 59, 63	Santaya M, 343
Ruestes C J, 474	Salto Sanchez H B, 496	Santiago M, 135, 191
Ruiz Gale M F, 236, 357	Salvador J, 266	Santisteban J, 201
Ruiz M S, 319	Samayoa W F, 590	Santo M, 43, 67, 509
Rus M E, 123	Sambuco Salomone L I, 184	Santos A, 376, 419
Sánchez F, 613	San Martin N, 327	Santos Cabrera N, 288
Sacanell J, 461, 526	San Miguel M, 11	Santos P V, 223, 257
Sade M, 457	Sanca G A, 152	Santucho Cainzo A, 231
	Sánchez C, 384	
	Sánchez C M, 110, 123	

Saporiti M F S, 449	208, 245	Sheffield F, 214, 291
Saracco G P, 588	Schneider B, 72	Shi C, 275
Saraceno M, 131	Schneider D, 467, 592	Shönhals P, 287
Saracho S, 62	Schönhals P, 87, 96,	Sibona G, 595
Saravia G, 586	100–102, 210,	Sievers B, 526
Saravia M, 414	241	Sigal E, 43, 67
Sarmiento A, 463	Schweickardt J M, 80	Sigal I, 333
Sarmiento Cano C, 622	Sciutto S J, 133	Silin N, 294
Sarmiento Chavez A C,	Scozziero S A, 608	Silva A, 52, 330, 590
450	Segnorile H H, 120, 121,	Silva C, 49
Sarmiento-Cano C, 623	308	Silva L, 21, 549
Saromé J C, 596	Segovia J M, 288	Silva L I, 473
Satti A, 403	Segovia T N, 223	Simonetto M, 214
Savio M E, 32, 41	Segui S, 81	Simoniello M F, 415
Scaffardi L B, 230	Seijas F S, 589	Sinagra Albornoz L D, 342
Scagliotti A F, 41, 330,	Seiro S, 453	Sirena J J, 180
601	Semeshenko V, 574	Sirena M, 447, 537, 555
Scarinci I, 133	Senra D, 566	Sirur Flores A Y, 283,
Schinca D, 246	Sereni J G, 472, 512	286, 294
Schinca D C, 230	Serquis A, 14, 556	Sisourat N, 82
Schinca Vanini S, 529	Serra M, 35	Socolovsky H P, 310
Schivazappa F, 65	Sesin P, 257	Sofo Haro M, 134, 615
Schlosser F, 330	Severini G, 180, 189	sofo Haro M, 337
Schmalian J, 524	Sevitz S, 112	Solari H, 598
Schmiegelow C, 131, 246	Sevlever F, 413, 565	Soldati A, 166, 174, 192,
Schmiegelow C T, 114,	Shapiro B, 213	196

Solís M, 531	Suárez L, 64	Tentor M C, 64
Sophie Sergent A, 337	Suarez R E, 606	Terny S, 326
Soprano C, 588	Suárez Ramanzin M B,	Tersigni C, 180
Sorichetti P A, 395, 424	530	Tessaro V, 148, 160
Sosa H E, 236, 357	Suárez S, 536	Thomas Mailland J, 180,
Sosa M, 384	Suica J, 269	189
Soul H, 344	Szlafsztein F, 31, 365	Tielas D, 111
Soulé E, 413, 450	Szmidt F, 168	Tiffenberg J, 252
Sparapani A C, 223		Tiglio M, 600, 628
Spelzini D, 423	Ta Phuoc V, 444	Tilmann B, 242
Stadler C, 38	Taboada A, 622	Tirado M, 540
Stahl Q, 453	Taboada J A, 120	Tittl A, 211
Staneck J, 420	Taboada Núñez Á, 623	Tobares T D, 350
Staneck J P, 462, 490	Tagliacruzchi E, 559	Tobia D, 502, 509, 527
Stari C, 63	Tagliacruzchi M, 389	Toderi Cicchini M A, 162
Stefani F, 216, 260	Tallis M, 358	Tognana S, 466, 533
Stefani F D, 255, 265, 274	Tambalo S, 138, 183	Tognola L, 625
Stewart S, 525	Tambella V, 420	Tognoli V, 192
Stipcich M, 58, 462	Tambosco F L, 261, 263	Tolabin D, 166
Stockert J C, 154	Tan Jun Ríos M G, 24	Tolley A, 477
Straube B, 443	Taube M, 133, 159, 161	Tomazzeli O, 36
Strubbia C, 148	Taylor M A, 517	Tomba J P, 21, 549
Strusiat P, 516	Tebaldi M, 235, 247	Tonina A, 538
Sturla M B, 568	Tebaldi M C, 230	Torasso N, 376, 416, 419
Suarez D L, 598	Tejada V G, 29	Torchia G, 221, 238, 239
Suarez F, 201	Tenaglia Giunta B, 338	Torchia G A, 254

- Torga J R, 207, 307
- Toro J H, 616
- Torre A, 91, 467
- Torres Deluigi M d R, 317
- Torres J, 232
- Torres L, 200
- Torres P B, 423
- Torres S, 473, 539
- Torres T, 520
- Torres T E, 477
- Torres Y, 546
- Torres Y M, 464, 488
- Torroba G, 531
- Tortarolo M, 463
- Toscani L M, 343
- Toscano F N, 626
- Toscano P, 172
- Tosi L, 241, 434, 438, 441, 549
- Tosi M, 217, 237
- Toso J, 575
- Touceda L, 336
- Traina P, 206
- Tranchida J, 494
- Trivi M, 235
- Trohiani H, 556
- Troiani H E, 343
- Troyón P, 192, 356
- Trupp F, 360, 416
- Tubon Usca G, 188
- Tureo F, 356
- Uñac R, 283
- Uñac R, 286, 294
- Uranga V, 413
- Urbano Pintos N, 311, 316, 328, 355
- Urbina I, 246
- Urdapilleta E, 179, 185
- Urdapilleta S, 179
- Ureña M A, 465, 471, 516
- Uriu K, 601
- Urquiza L, 350
- Urreta S, 426
- Urretavizcaya G, 353, 500
- Urrutia I, 567
- Urteaga R, 64, 65, 103, 258, 259
- Usaj G, 257
- Uthurry C A, 312
- Vaca Chávez F, 530
- Valdés D, 509
- Valdés-Hernández A, 109
- Valencia F, 75
- Valencia Urbina C E, 583, 610
- Valente M, 133, 134, 169, 188
- Valentim A, 78
- Valeriano M, 149
- Valle Seijo M F, 20
- Vallejos J M, 521
- Valli S, 117
- Vallone A F, 286
- Varales M C, 27, 28
- Varela K N, 97
- Vázquez F, 605
- Vazquez N, 474
- Vazquez Robaina O, 446
- Vazquez Sarullo F, 346
- Vecchio R, 328, 361, 366
- Vega D, 40, 370, 403, 438, 535
- Vega D A, 393
- Vega M, 530
- Vega N, 201, 250
- Vega N C, 443, 452
- Vega-Castillo J, 546

- Vela Wac A, 516
- Velázquez D, 337, 462
- Velazquez R, 180, 189
- Velázquez Rodríguez D,  
520
- Venencia C D, 157
- Ventura A, 413, 565
- Ventura C I, 548
- Ventura M, 348
- Venturi F, 628
- Vera F, 333
- Vera M, 32
- Verde A R, 388, 391
- Verdini A, 480
- Verea J M E, 363
- Vergara R, 119
- Vergara Rubio A, 416, 419
- Vía M, 396
- Viatela I, 432
- Viatela Y, 156
- Vicario F, 290
- Vicario F J, 290
- Vicente Alvarez M, 479
- Vidal B, 243
- Vidales A M, 283, 286,  
294
- Videla F, 209
- Vigh C, 288
- Vigh C D, 52, 53
- Viglietti J S, 146, 151
- Vilas-Varela M, 86
- Vilcovsky M, 404
- Vildosola V, 428, 439,  
505, 542
- Villa Hernández J I, 511
- Villa-Pérez C, 246
- Villagrán López Y C, 530
- Villagrán Olivares M C,  
294
- Villanueva A, 600
- Villares M, 406
- Villarroel-Rocha J, 47
- Villegas Andina A E, 628
- Villegas M, 69
- Viñales A D, 583
- Vinograd M, 246, 280
- Violi I L, 216, 255
- Viotti L, 126
- Viva F, 428, 439, 505,  
542, 543
- Vlatko C, 245
- Vogel E, 608
- Vogel E E, 586, 606
- Volonnino G F, 261, 263
- Vorobiev A, 430
- Vuillemier R, 92
- Waisman A, 565
- Walczak A, 567
- Wappner M, 601
- Wegscheider W, 538
- Weht R O, 507
- Welti R, 268
- Wendel A, 43
- Wiese K J, 442
- Wilke N, 396
- Wilks R G, 343
- Winkler E L, 502
- Wisniacki D A, 112
- Wolfram E, 34
- Wolter A U B, 453
- Wundheiler B, 615, 621
- Wurmehl S, 453
- Yacachury J, 454
- Yacobitti A, 594
- Yamase H, 435
- Yanzón M, 174

Yawny A, 170, 194, 320, 344, 382	Zandalazini C I, 486, 493	Zimicz G, 464
Ybarra G, 389	Zangara P R, 126	Zimicz M G, 546
Zablotsky A, 425, 572	Zanini N, 475	Zimmerman F, 597
Zablotsky A N, 95	Zapata A J, 103	Zinni L, 435
Zaccari D G, 597	Zarco M, 87, 96, 100–102, 210, 241, 287, 289	Zoireff G, 243, 268
Zagarra Saez R, 429	Zarragoicoechea G J, 424	Zoloff Michoff M, 530
Zalcman A, 471	Zeballos P, 119	Zonana M C, 474
Zaldivar Escola F, 54, 56	Zelaya E, 495	Zossi M, 24
Zalduendo I, 280	Zelcer A, 526, 535	Zuñiga J A, 547
Zamar R C, 120, 121	Ziegler D, 330	Zurschmitten J, 64
Zamora J, 587, 603	Ziegler D O, 318, 323	Zwick A, 106, 115, 138, 140, 183
Zampieri M, 530		Zysler R, 460