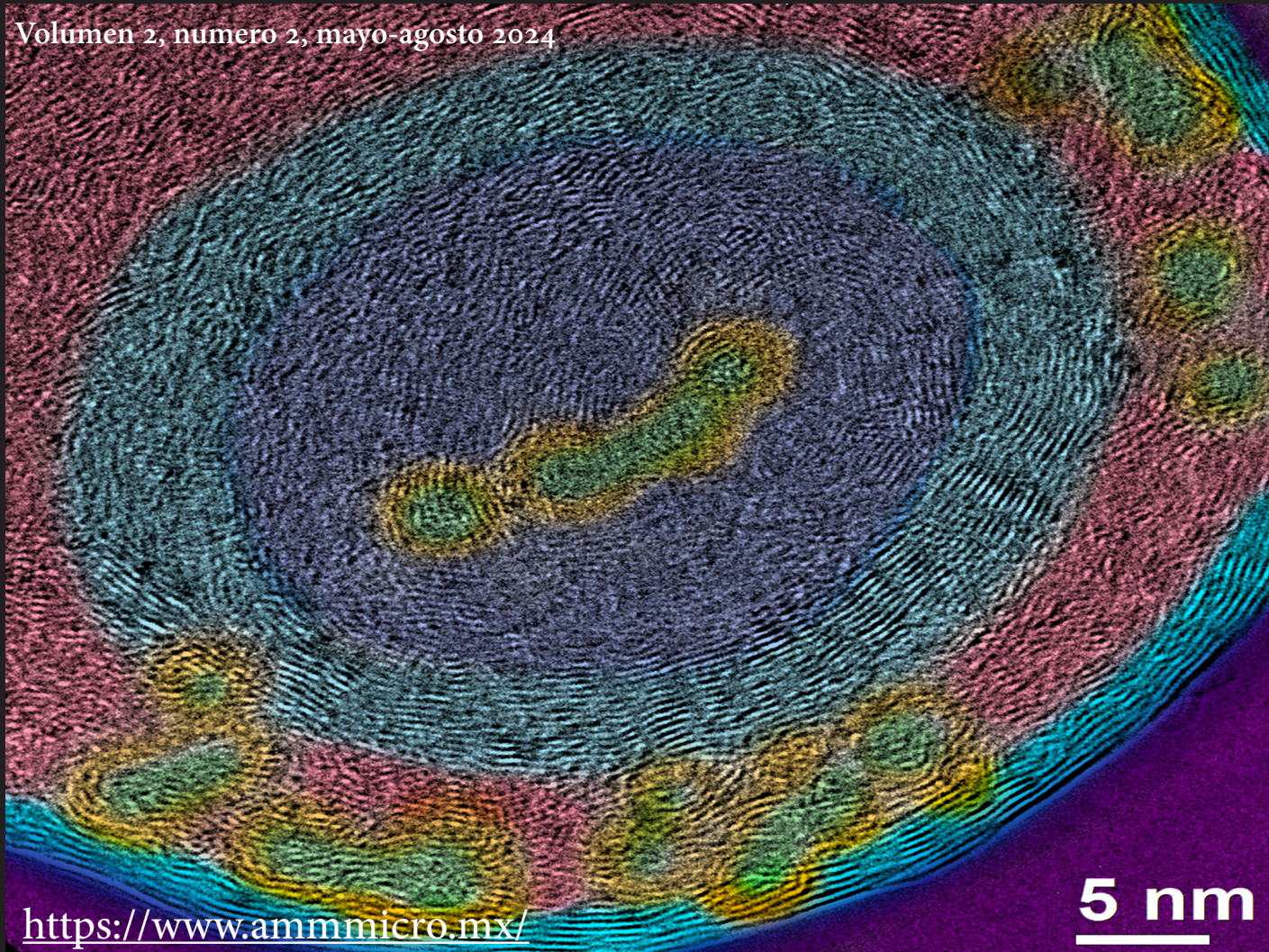


# MICRO-X

ISSN: En trámite

Volumen 2, número 2, mayo-agosto 2024



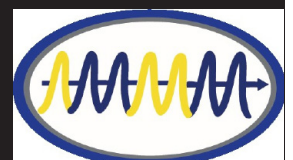
Boletín Interdisciplinario en Microscopía y Microanálisis

## BOLETIN CUATRIMESTRAL DE LA AMMM

MAYO 2024



Asociación Mexicana de Microscopía y Microanálisis, A.C. (AMMM)  
© Copyright 2024



# MICRO-X

Órgano informativo y de divulgación científica de la  
Asociación Mexicana de Microscopía y Microanálisis (AMMM)

Publicación electrónica cuatrimestral en español, creada y respaldada por la AMMM

Mayo-Agosto 2024, volumen 2, número 2

---

---

**M**ICRO-X es un medio electrónico de comunicación de la AMMM, que permite difundir en lenguaje sencillo, conocimiento técnico, aspectos históricos, semblanzas de reconocidos académicos, tips sobre técnicas de microscopía y de preparación de muestras, así como noticias de ámbito académico y comercial del campo de la Microscopía en las áreas de Ciencias de Materiales y Ciencias Biológicas.

MICRO-X, es una publicación de acceso libre editada por la AMMM <https://www.ammmicro.mx> y correo electrónico: [contacto@ammmicro.mx](mailto:contacto@ammmicro.mx). Se autoriza la reproducción parcial o total del contenido citando adecuadamente la fuente y autores correspondientes.

Los textos publicados en MICRO-X son responsabilidad exclusiva del y/o los autores, y su contenido no refleja necesariamente el criterio de la Asociación Mexicana de Microscopía y Microanálisis.

---

---

## DIRECTORIO:

### Editores en Jefe

- Daniel Bahena Uribe  
[CINVESTAV-IPN](#)
- Arturo Ponce Pedraza  
[UTSA](#)

### Comite editorial

- Jesús Arenas Alatorre  
IF-UNAM
- Amelia López Herrera  
COLPOS
- Roberto Hernández Lima  
CINVESTAV-IPN
- Héctor Medel Cobaxin  
ITESM-MTY

### Fotografía de portada:

"rGO 1200C - InSitu Nano Islas"  
Transformación de óxido de grafeno (OG) a OG reducido, mediante un tratamiento térmico (calentamiento in-situ a 1200°C) en un microscopio electrónico de transmisión. Imagen de alta resolución.

**Autores:** Salvador Fernández Tavizón, Monica Aimeé Ceniceros Reyes, et al., (CIQA, Coahuila).

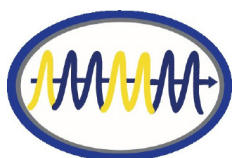
## Mensaje EDITORIAL:

Estimados lectores, nos complace el lanzamiento de nuestro segundo volumen, número 2 del Boletín de la AMMM en mayo de 2024. El comité editorial saluda a toda la comunidad académica, estudiantil y empresarial, a los lectores en general y a todos los miembros de la AMMM.

En este número hemos añadido una nueva sección llamada "Microscopía sin Fronteras", la cual está dedicada a artículos de microscopía escritos por microscopistas nacidos en México y que se encuentran fuera del país.

Al mismo tiempo la AMMM anuncia su Congreso Nacional en su décimo tercera edición, congreso que será celebrado en la ciudad de Monterrey, Nuevo León. La mesa directiva trabaja en conjunto con el comité organizador local a cargo del Dr. Domingo Ixcóatl García Gutiérrez, Profesor-Investigador de la [Universidad Nacional Autónoma de Nuevo León \(UANL\)](#) para la realización del congreso, el cual se llevará a cabo del 23 al 27 de septiembre de 2024 en el [Centro de Internacionalización y de Relaciones Internacionales](#) de la UANL.

Desde la mesa directiva de la AMMM y el consejo editorial de este boletín extendemos una cordial invitación a nuestros lectores para unirse como miembros de la Asociación en el sitio electrónico ([www.ammmicro.mx/producto/membresias/](http://www.ammmicro.mx/producto/membresias/)). Puedes participar activamente con contribuciones a este boletín, solicitando tu participación al correo electrónico [contacto@ammmicro.mx](mailto:contacto@ammmicro.mx). Este medio electrónico está abierto a la divulgación científica y a la difusión de noticias, eventos, ofertas de trabajo etc. y otros temas de interés en la Microscopía y Microanálisis. Así mismo se pueden recibir solicitudes y comentarios a ese mismo correo electrónico.



# CONTENIDO

MAYO 2024

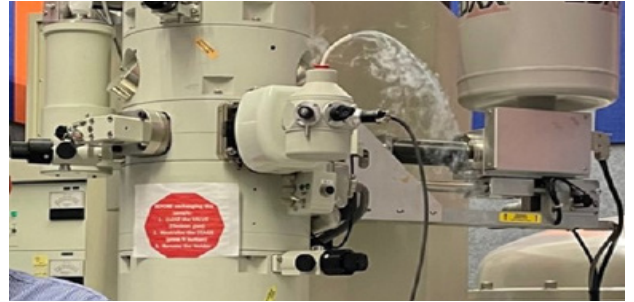
MENSAJE EDITORIAL

02 **Bienvenida**

ARTÍCULO DE OPINIÓN

04 **Tips de Microscopía**

Manuel Antonio Ramos Murillo



APLICACIONES DE LA MICROSCOPIA

06 **Nuevos instrumentos ópticos para el estudio y diagnóstico de enfermedades neurodegenerativas**

Valeria Piazza, Víctor H. Hernández

09 **Microscopía de fuerza atómica y microscopía electrónica de transmisión de alta resolución en películas delgadas ferromagnéticas crecidas mediante pulverización catódica por magnetron**

Adriana Alvírez-Lechuga, José Trinidad Holguín-Momaca, Sion Federico Olive-Mendez

12 **Visualización de la geometría octaédrica con superficies planas de nanopartículas de óxido de cerio por microscopía electrónica de transmisión en combinación con difracción de rayos X**

Guillermo Herrera-Pérez, María Luisa Camacho-Rios, Jesús Salvador Chavira-Urbe, Raúl Borja-Urby, Claudia Jazmín Ramos-Torres, Armando Reyes-Rojas

MICROSCOPIA SIN FRONTERAS

15 **ADF cuantitativo en la microscopía electrónica de transmisión para el análisis del crecimiento de minerales cristalinos**

Francisco Ruiz-Zepeda, Sorour Semsari Parapari, Nik Gracanin, Sašo Šturm, Nastja Rogan Šmuc

DIVULGACIÓN

18 **Dentículos dérmicos: Un viaje microscópico por la piel de los tiburones**

Laura Elena Gómez Lizárraga, Nataly Bolaño Martínez, Oscar Uriel Mendoza Vargas

RESEÑAS

21 **José Manuel Domínguez Esquivel**

Manuel Antonio Ramos Murillo

NOTICIAS

22 **Eventos**

22 **Desarrollos tecnológicos**

24 **Industria**

26 **Nuevos productos**

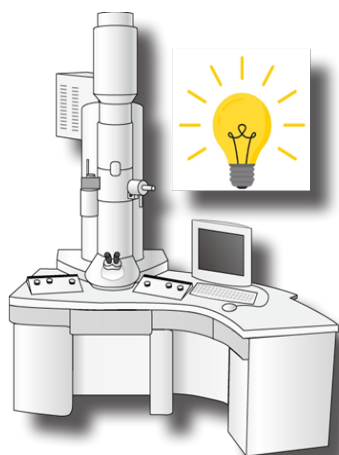
CALENDARIO DE EVENTOS

27 **Congresos y cursos 2024**

EMPRESAS AFILIADAS

30 **Empresas afiliadas a la AMMM**

# TIPS DE MICROSCOPIA



La combinación de microanálisis con uso de microscopia en modo de transmisión y de códigos computacionales sirve para determinar la estructura electrónica de compuestos moleculares. Esta combinación ¡casi perfecta! ha sido utilizada para estimar los estados electrónicos en materiales catalíticos primordialmente en el caso del disulfuro de molibdeno  $\text{MoS}_2$  promovido con cobalto, por medio de información cristalográfica y microanálisis obtenido por microscopia electrónica en modo de transmisión (TEM) en alta resolución y con aberración esférica corregida. Las observaciones revelan que se logró determinar un contacto químico interplanar entre los planos de (101)- $\text{MoS}_2$  y (111)- $\text{Co}_9\text{S}_8$  creando un enlace directo entre Mo-Co y provocando un carácter bimetalico a como es mostrado en la Figura 2 en la secuencia: Imagen TEM, modelo molecular, imagen simulada de TEM. Para ello se utilizó una interfaz gráfica para construir modelos computacionales útiles para calcular la estructura electrónica con código CASTEP, y los resultados indican que tanto la densidad de estados como la estructura de bandas presentan un carácter metálico con transferencia de carga +0.25e mediante análisis de Mulliken. Aunado a ello, fue posible determinar estados de transición de energía mediante la aproximación de Halgren-Lipscomb para el mecanismo de hidrodesulfuración de moléculas de dibenzotiofeno (DBT) sobre sitios de borde azufre-azufre, azufre-molibdeno y molibdeno-azufre en el modelo propuesto de  $\text{Co}/\text{MoS}_2$  y bajo la aproximación LST/QST (linear synchronous transit/quadratic synchronous transit), donde los valores en perfiles de energía de los resultados indican una eliminación más factible de azufre en el borde azufre-azufre en acuerdo con resultados experimentales.

Y más aún, hoy en día la nueva gamma de instrumentos de microscopia y aditamentos como son portamuestras (<https://www.protochips.com/>), permiten conducir estudios de operación in-situ, y lograr determinar características como lo son daño por calentamiento, radiación e incluso dominios magnéticos localizados.

Esto proporciona suficiente información para después ser modelada en términos de sus estados electrónicos, con el uso de métodos de la teoría de densidad funcional (DFT)

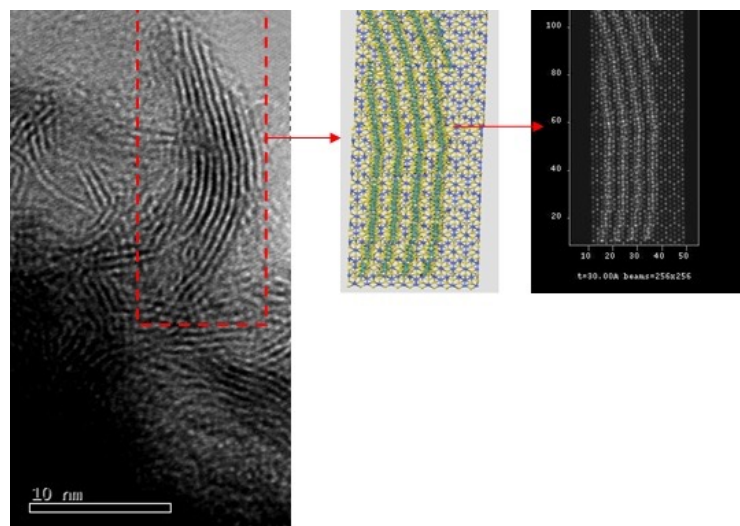


Figura 1. De izquierda a derecha, imagen de microscopia electrónica de alta resolución de  $\text{MoS}_2$ , modelo atómico y simulación de imagen de alta resolución.

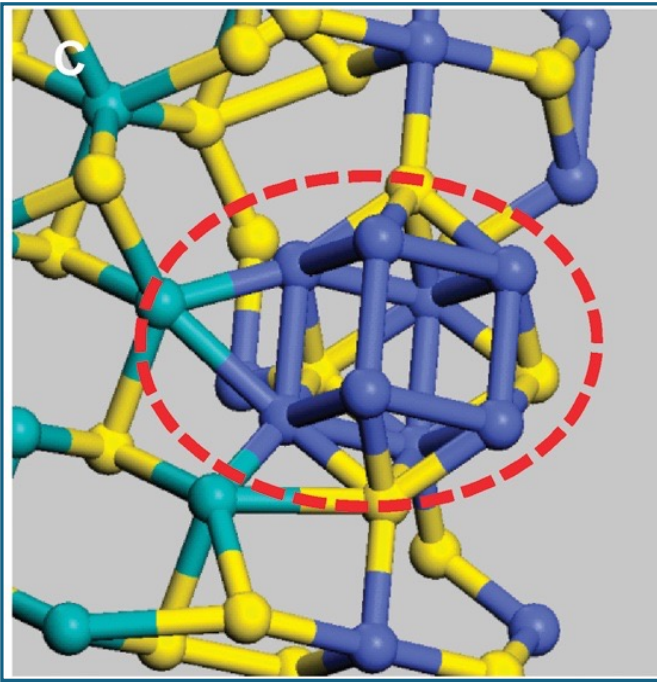


Figura 2. Modelo molecular propuesto debido a observaciones realizadas con microscopio electrónico de transmisión y uso de métodos DFT, dónde se puede observar el enlace directo entre la fase de Co<sub>9</sub>S<sub>8</sub> y MoS<sub>2</sub> indicando su enlace directo entre Cobalto-Molibdeno lo que provoca estados metálicos.

## REFERENCIAS

1. M. Ramos et al., "HRTEM and molecular modeling of the MoS<sub>2</sub>-Co<sub>9</sub>S<sub>8</sub> interface: understanding the promotion effect in bulk HDS catalysts", *Cat. Sci. & Tech.*, 2, (1), 164-178.
2. G. A. Gonzalez et al., "Transition states energies for catalytic hydrodesulfurization reaction in Co<sub>9</sub>S<sub>8</sub>/MoS<sub>2</sub> theoretical interface using computer-assisted simulations," *Comp. Mater. Sci.*, 121, 240-247, (2016).

## AUTOR

Manuel Antonio Ramos Murillo

Departamento de Física y Matemáticas, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, México.

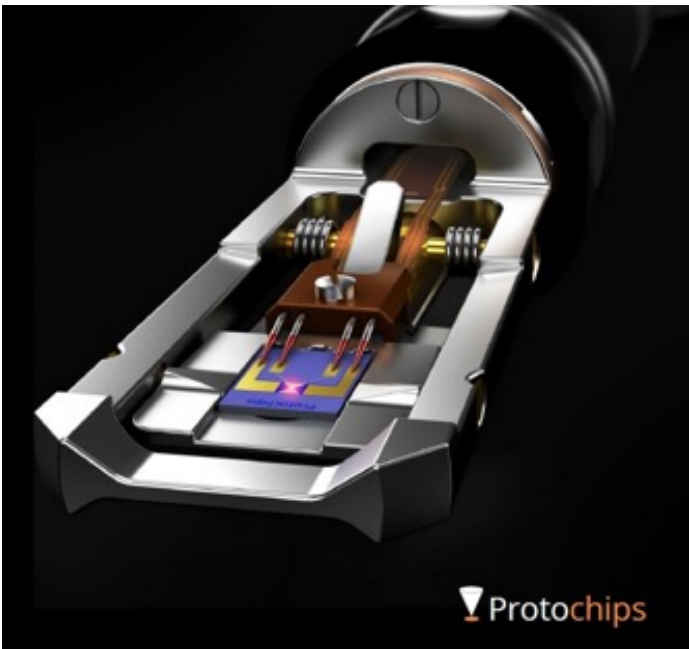


Figura 3. Imagen de portamuestras de MET para realizar estudios "in-situ" operando, en este caso se presenta el de la marca Protochips, Inc.

# Nuevos instrumentos ópticos para el estudio y diagnóstico de enfermedades neurodegenerativas

La búsqueda de nuevas tecnologías para el estudio de enfermedades es un desafío constante dirigido a la generación de instrumentos de estudio que contribuyan a complementar las técnicas convencionales de análisis. La aplicación de tecnologías novedosas tiene particular impacto en el estudio de enfermedades de reciente descripción, cuyos mecanismos fisiopatológicos todavía no han sido descritos en todos sus detalles desde el nivel molecular hasta el sistémico. En este artículo reportamos el trabajo realizado en el Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. para el estudio de la hipomielinización y atrofia de los ganglios basales y cerebelo, conocida como H-ABC por sus siglas en inglés, por medio de una aplicación de la microscopía basada en óptica no lineal. Desde técnica de nicho, la microscopía por generación de segundo armónico resulta ser un instrumento poderoso no solamente para la descripción de la morfología tisular del sistema nervioso que presenta la enfermedad, sino para el diagnóstico por imagen.

## INTRODUCCIÓN

Muchas enfermedades degenerativas del sistema nervioso son resultado de modificaciones genéticas o adquiridas en estructuras subcelulares. Por ejemplo, los microtúbulos están formados por dímeros de alfa y beta tubulina y mutaciones puntiformes en estas proteínas ocasionan un grupo de enfermedades denominadas tubulinopatías [1]. Estas enfermedades se identificaron por primera vez apenas a inicios de este siglo y se sabe muy poco acerca de los procesos moleculares y celulares que llevan al desarrollo de la sintomatología. No obstante, ahora sabemos que las mutaciones en la isoforma beta 4A de la tubulina, afectan a los oligodendrocitos, las células encargadas de formar la vaina de mielina que recubre a los axones en el sistema nervioso central y hace que la transmisión de las señales nerviosas sea más veloz y eficiente. Estas mutaciones dan lugar a una tubulinopatía conocida como H-ABC o hipomielinización con atrofia de los ganglios basales y cerebelo (por sus siglas en inglés). Esta enfermedad provoca malformaciones en diversas estructuras del sistema nervioso central, con consecuencias graves en el sistema motor, acompañadas por problemas cognitivos, sensoriales y episodios convulsivos, los cuales inician en etapas muy tempranas del desarrollo [2-5]. Un problema con este tipo de padecimientos es que no

es posible estudiar directamente el cerebro, con una biopsia, por ejemplo, como se hace en otros órganos y los cambios en su estructura celular solo pueden evaluarse en tejido postmortem. Con el objetivo de comprender cómo una mutación puntiforme en una proteína de los oligodendrocitos puede originar una sintomatología tan grave, hemos dirigido nuestra atención a una técnica óptica especializada denominada microscopía por generación de segundo armónico (abreviada como microscopía SHG). Concebida en la década de los sesenta del siglo pasado gracias a la disponibilidad de fuentes de luz láser, se utilizó inicialmente para el estudio de materiales con estructura no centro-simétrica [6]. Actualmente se sabe que de todo el universo de las moléculas biológicas, sólo un número muy limitado, el colágeno, la miosina muscular y de manera particular e interesante, los microtúbulos, han demostrado ser buenos armonóforos y generar la señal que caracteriza este fenómeno óptico tan elusivo, lo cual hace de esta técnica un instrumento interesante para el estudio de su papel en procesos patológicos. Una gran ventaja de utilizar esta técnica es que es posible analizar tejido vivo sin necesidad de procesarlo por medios físicos o químicos, lo cual permite estudiarlo en condiciones prácticamente intactas.

En 2020 nosotros caracterizamos a la rata *taiep* como el único modelo animal de tubulinopatías, confirmando la mutación en la TUBB4A y la presencia excesiva de microtúbulos en los oligodendrocitos [2]. Por tal motivo, desde entonces la hemos utilizado para el estudio de esta enfermedad.

Dada la imposibilidad de aplicar de manera inmediata estas metodologías en pacientes humanos, nosotros las aplicamos en esta rata y demostramos que es posible observar los cambios en la estructura tisular debidos a las modificaciones en los microtúbulos inducidas por las mutaciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El tejido cerebral se obtuvo de ratas *taiep* y ratas sanas, de acuerdo con la normativa establecida (NOM-062-ZOO-1999) y bajo autorización del comité institucional de bioética en la investigación de la Universidad de Guanajuato (CIBIUG-P17-2018). Se obtuvieron cortes

coronales agudos de cerebro y cerebelo mediante el uso de un vibratomo (Leica VT1200). Los tejidos se colocaron en una solución HBSS (Hanks' Balanced Salt solution) durante el tiempo entre el corte y la obtención de imágenes de SHG. Las imágenes de SHG se obtuvieron utilizando un microscopio confocal LSM-710-NLO (Zeiss) con un láser sintonizable Chameleon Vision II (680–1080 nm, 140 fs, Coherent), excitando a una longitud de onda de 810 nm y con un objetivo de inmersión Plan-Neofluar 25X/0.8 (Zeiss). La señal de SH se recogió con un condensador de 0.5 N.A. La detección se realizó a través de un filtro pasa bajas LP 490 con tubos fotomultiplicadores (Hamamatsu), en configuración “non-descanned” (detectores NDD, Zeiss).

## RESULTADOS

Para demostrar el funcionamiento de la microscopía SHG, inicialmente realizamos imágenes de músculo esquelético y tendón, para observar miosina y colágeno (Figura 1). Una vez establecidas las condiciones experimentales, analizamos el tejido nervioso de la rata taiep, el cual reveló estructuras alargadas y en forma de soma celular, en las zonas hipomielinizadas de la materia blanca cerebral y cerebelosa, que generaban señal de segundo armónico, las cuales no son visibles en las ratas control, bajo las mismas condiciones (Figuras 2 y 3). Por otro lado, la materia gris funge como control interno, ya que los bajos niveles de señal no lineal son iguales en taiep y en las ratas sanas usadas como control. La distribución de la señal de segundo armónico en el tejido corresponde morfológicamente con la señal de tubulina de las células mielinizantes obtenida por tinción, confirmando la hipótesis de que el exceso de microtúbulos en los oligodendrocitos del modelo taiep genera la señal no lineal que se propaga fácilmente en un tejido con menor cantidad de mielina.

## DISCUSIÓN

Entre los principales objetivos de este trabajo estaba determinar la factibilidad de usar un microscopio multifotónico comercial para la detección de señales de segundo armónico en muestras biológicas del sistema nervioso. Debido a que la señal generada por los microtúbulos es la más débil entre las señales de segundo

armónico conocidas en muestras biológicas [7], tal detección no es trivial. En la gran mayoría de la literatura disponible para microscopía de SHG de tubulina, se habían usado sistemas ópticos hechos a la medida, con la posibilidad de optimizar cada componente.

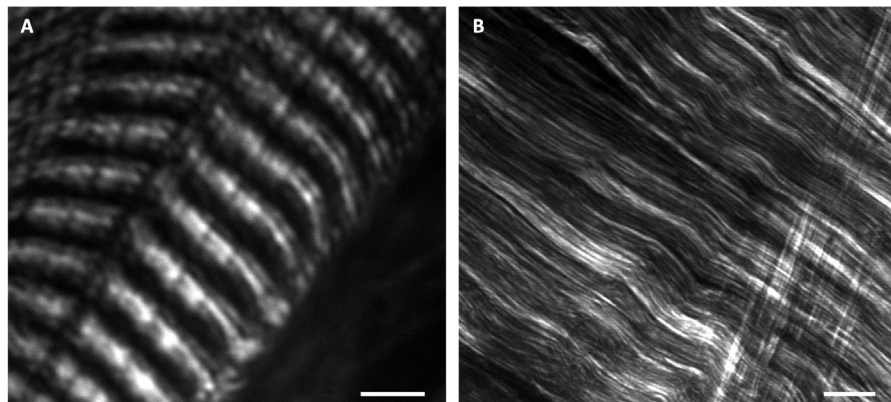
De manera sorprendente, esta microscopía ha demostrado ser un sistema que permite observar tubulina en el contexto del tejido intacto y no manipulado, pero además que las diferencias que logra poner en evidencia entre tejido sano y portador de la mutación causante de H-ABC, podrían tener, a largo plazo, posibles aplicaciones médicas como método diagnóstico [8], complementando los estudios genéticos y de imagenología por resonancia magnética nuclear.

## CONCLUSIONES

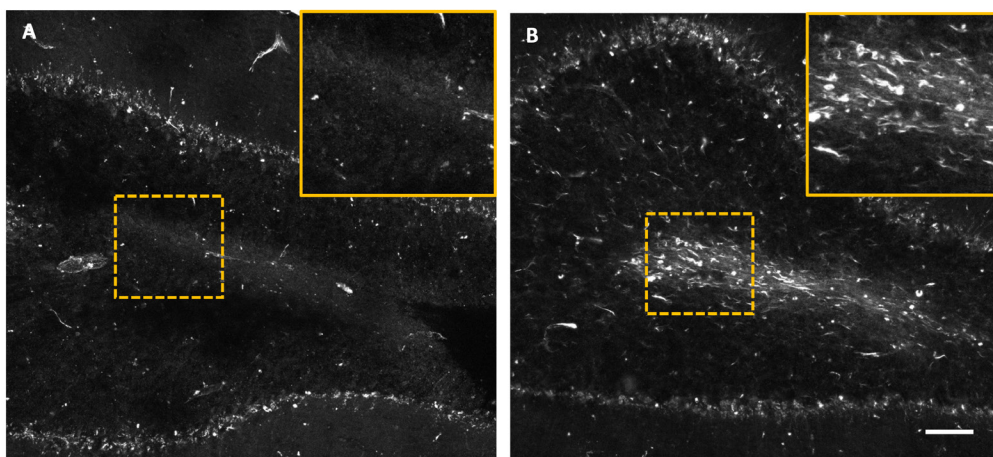
La compresión de los fotones, espacial por el objetivo y temporal por los pulsos del láser, hace posible aumentar significativamente la probabilidad de que dos fotones, y no uno, interactúen al mismo tiempo con los átomos de la muestra en el volumen focal. Si además, las moléculas del material receptor de los fotones tienen un momento de dipolo permanente y una susceptibilidad no lineal de segundo orden diferente a cero, entonces hay emisión de fotones al doble de la frecuencia que se usa para iluminar. La tubulina es un material ópticamente no lineal que permite la generación de segundo armónico, lo cual se suma a lo largo del cilindro de protofilamentos y en grupos de microtúbulos paralelos. Gracias a este fenómeno pudimos poner en evidencia las diferencias entre los tejidos nerviosos de un modelo de tubulinopatía y los controles sanos. Estas características pueden utilizarse como criterios diagnósticos para la enfermedad.

## AGRADECIMIENTOS

Proyectos FORDECYT-PRONACES/194171/2020 a VHH, CF-2023-G-332 a VP.



**Figura 1.** Las moléculas biológicas de origen animal que pueden ser visualizadas con microscopía por generación de segundo armónico. A: músculo gastrocnemio de rata. La zona brillante corresponde a la banda A del sarcómero, con la señal generada por la miosina. Escala: 4  $\mu\text{m}$ . B: Tendón de rata, con la señal generada por el colágeno. Escala 20  $\mu\text{m}$ .



**Figura 2.** Señal de SHG en la materia blanca de las folias cerebelosas. A: folia de cerebelo de rata control, prácticamente no genera señal. B: folia de cerebelo de rata taiep, donde hay un incremento considerable de la señal. Los recuadros punteados se muestran amplificados para mayor claridad. Escalas: 100  $\mu\text{m}$ .

## REFERENCIAS

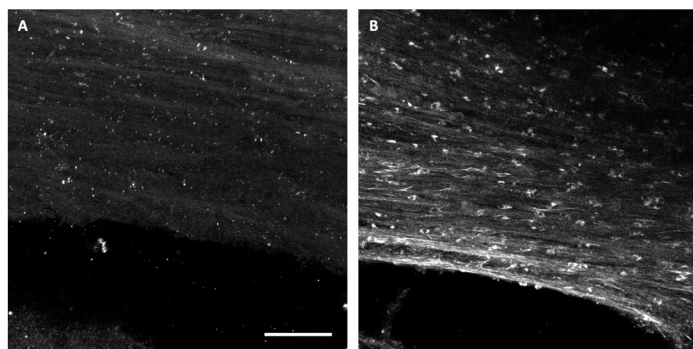
- Chakraborti S, Natarajan K, Curiel J, Janke C, Liu J. "The emerging role of the tubulin code: From the tubulin molecule to neuronal function and disease." *Cytoskeleton* (Hoboken). 2016 Oct;73(10):521-550. doi: 10.1002/cm.21290.
- Garduno-Robles A, Alata M, Piazza V, Cortes C, Eguibar JR, Pantano S, Hernandez VH. "MRI Features in a Rat Model of H-ABC Tubulinopathy". *Front Neurosci*. 2020 Jun 3;14:555. doi: 10.3389/fnins.2020.00555
- Lopez-Juarez A, Gonzalez-Vega A, Kleinert-Altamirano A, Piazza V, Garduno-Robles A, Alata M, Villaseñor-Mora C, Eguibar JR, Cortes C, Padierna LC, Hernandez VH. "Auditory impairment in H-ABC tubulinopathy". *J Comp Neurol*. 2021 Apr 1;529(5):957-968. doi: 10.1002/cne.24990.
- Alata M, González-Vega A, Piazza V, Kleinert-Altamirano A, Cortes C, Ahumada-Juárez JC, Eguibar JR, López-Juárez A, Hernandez VH. "Longitudinal Evaluation of Cerebellar Signs of H-ABC Tubulinopathy in a Patient and in the taiep Model." *Front Neurol*. 2021 Jul 14;12:702039. doi: 10.3389/fneur.2021.702039."
- Eguibar JR, Cortes C, Hernandez VH, Lopez-Juarez A, Piazza V, Carmona D, Kleinert-Altamirano A, Morales-Campos B, Salceda E, Roncagliolo M. "4-aminopyridine improves evoked potentials and ambulation in the taiep rat: A model of hypomyelination with atrophy of basal ganglia and cerebellum." *PLoS One*. 2024 Mar 1;19(3):e0298208. doi: 10.1371/journal.pone.0298208.
- P. A. Franken, A. E. Hill, C. W. Peters, and G. Weinreich. "Generation of Optical Harmonics". *Phys. Rev. Lett.* 7, 118 – Published 15 August 1961. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.7.118>
- Mohler W, Millard AC, Campagnola PJ. "Second harmonic generation imaging of endogenous structural proteins." *Methods*. 2003 Jan;29(1):97-109. doi: 10.1016/S1046-2023(02)00292-X.
- Alata M, Piazza V, Jaramillo-Restrepo C, Eguibar JR, Cortes C, Hernandez VH. "H-ABC tubulinopathy revealed by label-free second harmonic generation microscopy". *Sci Rep*. 2022 Aug 24;12(1):14417. doi: 10.1038/s41598-022-18370-X.

## AUTORES

Valeria Piazza<sup>1</sup>, Víctor H. Hernández.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Biofotónica, Centro de Investigaciones en Óptica, A.C., León, GTO, México

<sup>2</sup>Laboratorio de Neurociencias. Departamento de Ingenierías Química, Electrónica y Biomédica, División de Ciencias e Ingenierías, Universidad de Guanajuato, México



**Figura 3.** El cuerpo calloso cerebral muestra señal de SHG en forma de estructuras alargadas y somas celulares. A: sección de cuerpo calloso de rata control, con niveles bajos y homogéneos de señal de segundo armónico. B: en un cuerpo calloso de rata taiep, la señal es más intensa y restringida a estructuras espacialmente bien definidas. Escala: 100  $\mu\text{m}$ .

# Microscopía de fuerza atómica y microscopía electrónica de transmisión de alta resolución en películas delgadas ferromagnéticas crecidas mediante pulverización

El presente trabajo reporta la rugosidad superficial por microscopía de fuerza atómica (AFM) y el crecimiento epitaxial por microscopía electrónica de transmisión de alta resolución (HRTEM) para películas delgadas de Ge(001)/Mn<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub> obtenidas mediante el método solid phase epitaxy (SPE) y el reactive deposition epitaxy (RDE). Para la preparación de estas películas se utilizó la técnica de pulverización catódica conocida como “sputtering”, a una temperatura de sustrato, T<sub>s</sub>, de 250 °C. El análisis AFM exhibe una rugosidad superficial RMS de ~1 nm para la muestra obtenida por SPE. El análisis de HRTEM muestra el crecimiento de una capa continua que cubre completamente todo el sustrato a diferencia de la muestra por RDE que presenta un crecimiento discontinuo. La medición de magnetización vs. temperatura, M-T, y la difracción de rayos X (XRD) complementan la caracterización de las propiedades físicas y la estructura de las películas delgadas.

## INTRODUCCIÓN

La integración del almacenamiento y procesamiento de información en un material se ha convertido en un reto para la espintrónica de semiconductores; la cual requiere de inyección, detección, manipulación, transporte y almacenamiento de espín eficientes [1]. El efecto torque de transferencia de espín (STT) es un mecanismo donde un pulso eléctrico espín-polarizado cambia la orientación magnética de una capa ferromagnética o ferrimagnética. Un requisito para reducir la magnitud del pulso eléctrico y el tiempo requerido para lograr el cambio de magnetización es una baja magnetización de saturación, M<sub>s</sub>, del material de ferromagnético (FM) [2]. Se ha encontrado que el Mn<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub> es un compuesto FM con una TC de ~296 K, la cual puede aumentar mediante el dopaje con carbono. El C modifica la estructura electrónica de los átomos de

Mn, principalmente la sub-banda 3d del Mn II [3, 4]. El compuesto Mn<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub> tiene una estructura cristalina hexagonal P6<sub>3</sub>/mcm con parámetros de red a = 7.184 Å y c = 5.053 Å [5]; la cual puede crecer epitaxialmente sobre sustratos de Ge(111) con un desacuerdo de red del 3.7% [6]. Sin embargo, el Ge(111) no es compatible con la tecnología del Si(001), mientras que las heteroestructuras de Ge(001)/Mn<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub> ofrecen atractivas propiedades magnéticas y estructurales [7]. La motivación de este trabajo es evaluar mediante la microscopía de fuerza atómica y la microscopía electrónica de transmisión, la rugosidad superficial y el crecimiento epitaxial de películas delgadas utilizando dos métodos de depósito el RDE y el SPE.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El método RDE consiste en un depósito de Mn sobre un sustrato de Ge (001), a una T<sub>s</sub> = 250 °C. Mientras que el SPE consiste en un co-depósito de Mn + C a temperatura ambiente seguido de un recocido a una T<sub>s</sub> = 250 °C. Ambos métodos se llevan a cabo a través de la técnica de pulverización catódica por magnetron “sputtering”. La caracterización de las películas delgadas se llevó a cabo mediante un análisis en AFM utilizando un equipo Veeco del tipo MultiMode SPM en modo *tapping*. La punta exhibe una frecuencia de resonancia de 65 kHz con una longitud de 240 μm. La preparación de muestras para el análisis en HRTEM se realizó mediante un haz de iones enfocados (FIB) con un equipo JEOL JEM-9320FIB. Posteriormente las imágenes de HRTEM se obtuvieron en modo barrido (STEM) con un equipo JEOL JEM 2200Fs con corrector de aberración esférica (Cs) a 200 kV, utilizando una rejilla de cobre con malla cuadrículada de 300 con membrana de carbón.

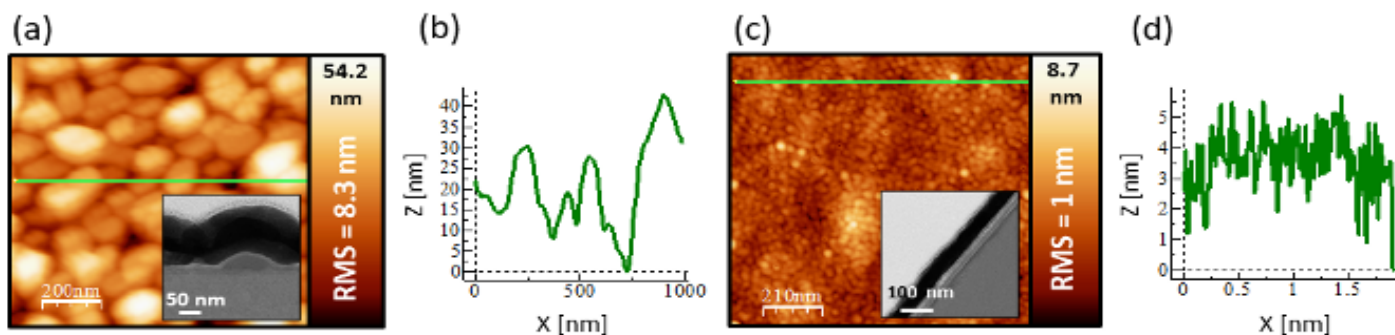


Figura 1. Análisis AFM de las películas delgadas de Ge(001)/Mn<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub>: (a) muestra por RDE con crecimiento tridimensional y rugosidad superficial de 8.3 nm; (b) perfil de línea de una capa discontinua; (c) muestra por SPE con crecimiento bidimensional y rugosidad de 1 nm; (d) perfil de línea de una capa continua.

## RESULTADOS

Las imágenes AFM de la Figura 1(a) y 1(c) presentan la morfología superficial de las muestras crecidas por RDE y SPE, que exhiben una rugosidad superficial RMS de ~8.3 y de ~1 nm, respectivamente. La Figura 1(b) presenta el perfil de línea de la imagen AFM, el cual obedece a un crecimiento tipo islas o tridimensional. El recuadro insertado en la Figura 1(a) muestra una imagen en sección transversal en HRTEM que confirma el crecimiento discontinuo. La Figura 1(d) presenta el perfil de línea que obedece a un crecimiento en capas o bidimensional, el recuadro insertado en la Figura 1(c) confirma el crecimiento continuo de la capa depositada.

La Figura 2(a) presenta la imagen de HRTEM de la muestra por RDE, en la cual se puede ver una interface abrupta entre el sustrato y la película, lo que favoreció un perfecto crecimiento epitaxial que da como resultado una película con alta cristalinidad. Además, se pueden observar claramente las columnas atómicas lo que permitió medir la distancia interplanar del compuesto Mn<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub>,  $d_{(1-11)} \sim 6.0$  Å [8]. El recuadro proyectado presenta la transformada inversa de Fourier (FFT) de un área seleccionada en la película delgada, en la cual se observa el arreglo atómico

del compuesto. Por otra parte, en la Figura 2(b) se puede ver la imagen de HRTEM de la muestra por SPE, la cual presenta una interface relativamente abrupta. La proyección presenta la inversta (IFFT) con el mismo arreglo atómico que el de la muestra por RDE.

La Figura 3(a) muestra los análisis por XRD obtenidos en configuración Bragg-Brentano utilizando un equipo PANalytical X'Pert. Los difractogramas exhiben las muestras crecidas por RDE y SPE, los cuales presentan unicamente reflexiones que corresponden a la fase Mn<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub> y al sustrato Ge(001). Las reflexiones identificadas del Mn<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub> son la (2-10), (2-11), (002), (2-12), y (4-10). La indexación se realizó con la hoja de datos cristalográfica ICSD #156103. Por otra parte, en la Figura 3(b) se exhiben las curvas M-T, de las muestras crecidas por RDE y SPE. La muestra por SPE dopada con 33 W de C presentó una TC de ~330 K, la cual es ligeramente mayor a la TC, ~300 K, de la muestra por RDE. La M<sub>s</sub> de ~305 kAm<sup>-1</sup> es una ventaja sobre la M<sub>s</sub> de la muestra crecida por RDE, ya que una baja M<sub>s</sub> hace posible el desarrollo de dispositivos espintrónicos con bajo consumo de energía haciendo uso del efecto STT.

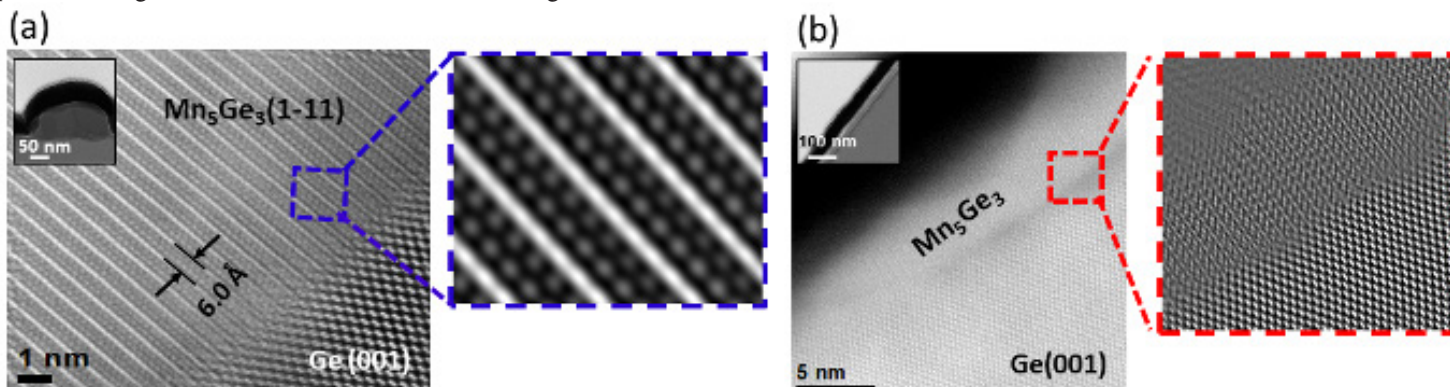


Figura 2. Análisis de HRTEM de las películas delgadas epitaxiales de Ge(001)/Mn<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub>: (a) muestra por RDE con una interface abrupta y una  $d_{(1-11)} \sim 6.0$  Å; (b) muestra por SPE con interface relativamente abrupta, el recuadro proyectado presenta un arreglo atómico correspondiente al Mn<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub>.

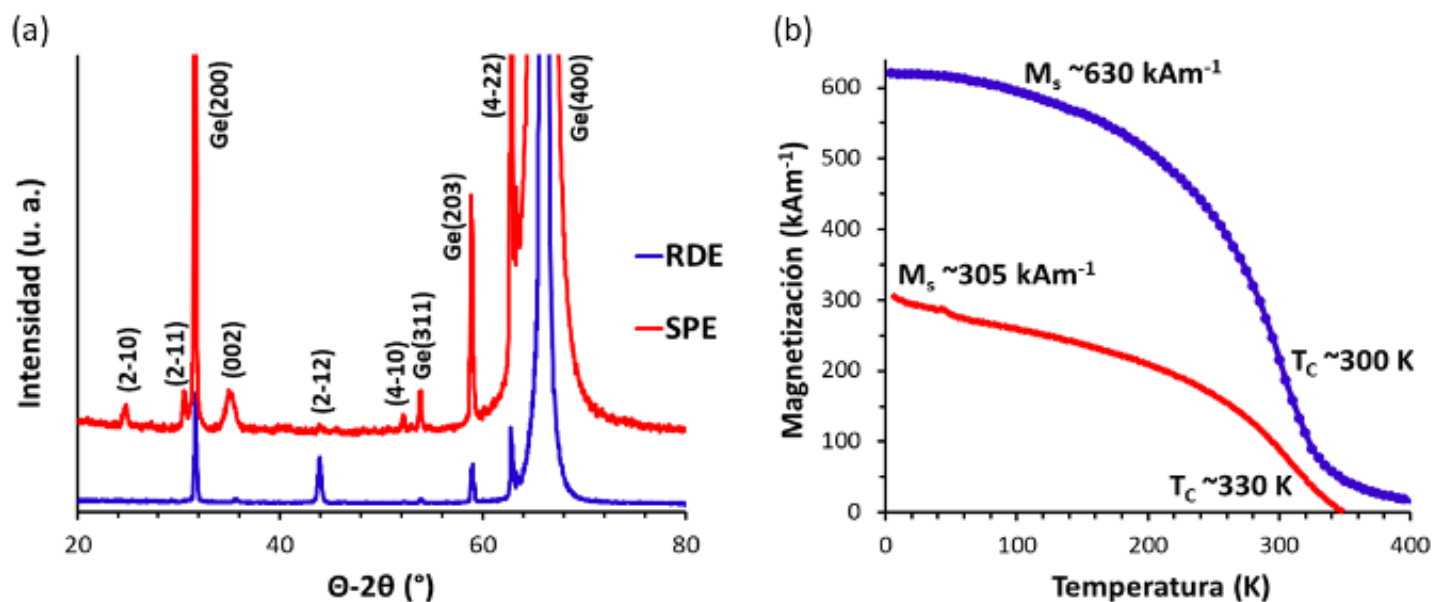


Figura 3. (a) Indexación de patrones de XRD con reflexiones del compuesto  $Mn_5Ge_3$  y del sustrato  $Ge(001)$ . (b) Curvas M-T que exhiben un comportamiento ferromagnético para las muestras por RDE y SPE.

## CONCLUSIONES

Se logró el crecimiento epitaxial de películas delgadas de  $Ge(001)/Mn_5Ge_3$ . Las muestras crecidas con el método SPE presentaron mejores propiedades que las muestras por RDE. El análisis AFM exhibió un crecimiento bidimensional con baja rugosidad superficial, RMS de  $\sim 1$  nm. El análisis en HRTEM permitió la identificación del plano atómico (1-11) con una distancia interplanar ( $d_{(1-11)} \sim 6.0$  Å) del compuesto  $Mn_5Ge_3$  en la muestra por RDE. La medición M-T de la muestra por SPE presentó una  $T_C$  de  $\sim 330$  K y una  $M_S$  de  $\sim 305$   $kAm^{-1}$ . Una baja  $M_S$  representa una ventaja, puesto que para el desarrollo de dispositivos basados en el efecto STT se requiere de heteroestructuras que presenten bajas  $M_S$ , con el objetivo de reducir el consumo de energía durante el proceso de orientación de las multicapas ferromagnéticas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por CONAHCYT mediante el Proyecto de Ciencia-Básica SEP-CONACYT No. 157559, Fondo Mixto Chihuahua Beca FOMIX No. CHIH-2011-Co3-168831, MINECO (proyecto MAT2014-58034-R) y JCCM (proyecto PEII-2014-042-P). A. Alvidrez-Lechuga agradece el apoyo de la Beca CONACYT No. 276820.

## REFERENCIAS

1. Mikkelsen, M. H. et al., in "Spintronics", ed. T. Dieti et al., (Academic Press, Amsterdam) p.2.
2. Alvidrez-Lechuga, A., et al., Superf. y Vacío, 2017, 30(4) 61-64
3. Stojilovic N. et al., J. Appl. Phys., 2013, 114 053708
4. Sürgers, C. et al., Appl. Phys. Lett., 2008, 93 062503.
5. Zeng, C. et al., Appl. Phys. Lett., 2003, 83 5002.
6. Spiesser, A. et al., Thin Solid Films, 2010, 518 S113-S117
7. Zhou, S. et al., Nanoscale Res. Lett., 2012, 7 528
8. Alvidrez-Lechuga, A., et al., J. Alloys Compd., 2018, 762 363-369.

## AUTORES

Adriana Alvidrez-Lechuga<sup>1</sup>, José Trinidad Holguín-Momaca<sup>1</sup>, Sion Federico Olive-Méndez<sup>1</sup>

Física de Materiales, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C. (CIMAV), México.

# Visualización de la geometría octaédrica con superficies planas de nanopartículas de óxido de cerio por microscopía electrónica de transmisión en combinación con difracción de

En este trabajo se correlacionan los efectos microestructurales (tamaño y morfología) para nanopartículas de óxido de Cerio a través de la microscopía electrónica de transmisión (TEM) y la difracción de los rayos X. Las nanopartículas se obtuvieron por la ruta hidrotermal. Imágenes de campo claro por TEM exhiben una distribución homogénea en tamaño, mientras que la forma es con geometría octaédrica trunca en su mayoría con superficies planas (111). El análisis del perfil del patrón de difracción de rayos X (XRD) considerando los efectos del tamaño anisotrópico corrobora esta geometría. Se presenta la visualización de esta geometría usando el programa GFourier implementado en el programa de FullProf.

## INTRODUCCIÓN

Gracias al continuo desarrollo del análisis cuantitativo para monitorear la morfología y el tamaño promedio de las nanopartículas (NP), las potenciales aplicaciones de materiales basados en óxidos se han logrado extender, por citar, a sensores de gas [1]. Dos de las técnicas más solicitadas para evaluar estos efectos microestructurales y que se complementan muy bien, son la microscopía electrónica de transmisión en alta resolución (HRTEM) y el análisis del perfil de la difracción de los rayos X (XRD) [2]. Entre la amplia gama de nanopartículas (NP) de óxidos a evaluar, las NP de óxido de cerio ( $\text{CeO}_2$ ) son un buen ejemplo para evaluar estos efectos. Trabajo previos han reportado la obtención de NP- $\text{CeO}_2$  con morfologías de tipo varilla, lamina, cubo, poliedro, y microesfera [1,3]. Entre los poliedros destacan el octaedro y octaedro truncado con superficies planas denotadas como (111) y (100) [4,5]. La superficie (111) presenta una carga neutra y es la más estable, mientras que la superficie (100) presenta una secuencia de planos cargados acompañado de un momento dipolar que es perpendicular a la superficie y por ende es metaestable [6]. El  $\text{CeO}_2$  normalmente posee una estructura de tipo fluorita donde los cationes de cerio

están coordinados con ocho aniones de oxígeno formando un octaedro y cada anión de oxígeno está unido a cuatro cationes de cerio formando un tetraedro [7,8]. Esta estructura posee una fase cúbica con grupo espacial  $Fm\bar{3}m$  (225). Tomando en cuenta estos precedentes, la motivación de este trabajo es evaluar estos efectos microestructurales (tamaño y morfología) en NP- $\text{CeO}_2$  obtenidas por la ruta hidrotermal a través de MET en alta resolución y por el análisis del perfil de los patrones de DRX.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la preparación de las NP- $\text{CeO}_2$  se utilizó nitrato de cerio (III) hexahidratado  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , agua destilada y ácido etilendiaminotetraacetato (utilizado como agente quelante) [9]. La morfología y el tamaño promedio de las NP- $\text{CeO}_2$  se monitorearon al coleccionar imágenes de campo claro por TEM, y de campo oscuro anular de alto ángulo (HAADF) con un instrumento JEOL-JEM-2200FS en modo de barrido. El tamaño promedio ( $D_m$ ) de las NP se determinó a través del ajuste de un histograma utilizando una función log-normal (método iterativo Levenberg-Marquardt, software OriginPro) a partir del conteo de 200 NP- $\text{CeO}_2$  (con el programa ImageJ [10]). Los efectos del tamaño anisotrópico de la cristalita se obtuvieron a partir del refinamiento de los coeficientes de los esféricos armónicos (SH) [2] para una clase de Laue  $m\bar{3}m$  (SizeModel=17). Para el grupo espacial No. 225 se tiene la restricción del coeficiente  $K62=0$ . En la aproximación al patrón experimental de XRD se usó el programa FullProf versión 3. En este procedimiento, los perfiles de los picos de difracción (Yobs) se modelaron considerando la función de tipo pseudo-Voigt de Thompson-Cox-Hasting (línea de puntos, Ycalc) [2]. Los patrones de DRX se coleccionaron en un difractómetro X'Pert Pro en la geometría de Bragg-Brentano empleando la radiación  $\text{Cu K}\alpha$  ( $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$ ) equipado con un detector X'Celerator. Durante el refinamiento del patrón de XRD se propuso una simetría  $Fm\bar{3}m$ .

## RESULTADOS

La Figura 1(a) muestra una imagen representativa en campo claro por TEM para monitorear la distribución de tamaños y la morfología de las NP-CeO<sub>2</sub>. Se puede apreciar que las NP-CeO<sub>2</sub> se aglomeran en unas zonas y en otras se logran dispersar. En estas últimas zonas es posible elucidar una distribución en tamaños homogénea con un  $D_m = 7.8$  nm (Figura 1b). Para encontrar más detalles de la morfología se presenta una imagen HAADF (Figura 1c). En esta imagen se observa la estructura cristalina que se han indexado a los planos de la fase cúbica (111) y (200) asociadas a las distancias interplanares de 0.31 nm y 0.28 nm, respectivamente. Las características morfológicas de la imagen están en acuerdo con lo reportado en trabajos previos. Las NP-CeO<sub>2</sub> exhiben superficies planas con geometría octaédrica donde unas superficies se identifican con (111) y éstas se interconectan (truncan) con superficies hexagonales (100).

Una vez determinadas las características morfológicas, se monitoreo el efecto del tamaño anisotrópico de la cristalita a partir del refinamiento de los parámetros SZ e IG [2] para los patrones de XRD de las NP-CeO<sub>2</sub>. Como se ha mencionado, se ha utilizado el software FullProf y el método SH. El refinamiento del patrón XRD se muestra en la Figura 2a además de la línea residual (línea continua, Yobs-Ycalc) y las posiciones de Bragg (líneas verticales). Los parámetros de celda obtenidos en este refinamiento fueron  $a=b=c=5.411$  Å. El patrón XRD se indexó utilizando la tarjeta de difracción de polvo No. 34-0394 asociada a una estructura tipo fluorita con fase cúbica. Las Figuras 2b-c muestran la visualización tridimensional y bidimensional (2D) con el programa GFourier (versión 4.06) [2] de la forma promedio de la cristalita para las NP-CeO<sub>2</sub>. Nuestra aproximación a través del análisis del

patrón de XRD corroboró la forma octaédrica truncada con bordes bien definidos de las NP-CeO<sub>2</sub> con un tamaño aparente promedio de 8.3 nm.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se elucidan el tamaño y forma octaédrica con superficies planas para las NP-CeO<sub>2</sub> como efectos microestructurales por TEM y XRD. Estos resultados son útiles para monitorear la influencia de las superficies polares para potenciales aplicaciones como sensores de gas. Además, este trabajo sugiere que a menudo se necesita un análisis por XRD complementario (considerando los efectos de tamaño anisotrópico) para evaluar la contribución del tamaño y la forma como efectos microestructurales en nanopartículas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a A. I. González-Jacquez (XRD), Dr. M. A. RuizEsparza-Rodríguez y al Dr. C. Leyva-Porras (TEM). Así como, al Nanotech-CIMAV por la infraestructura proporcionada para realizar esta investigación.

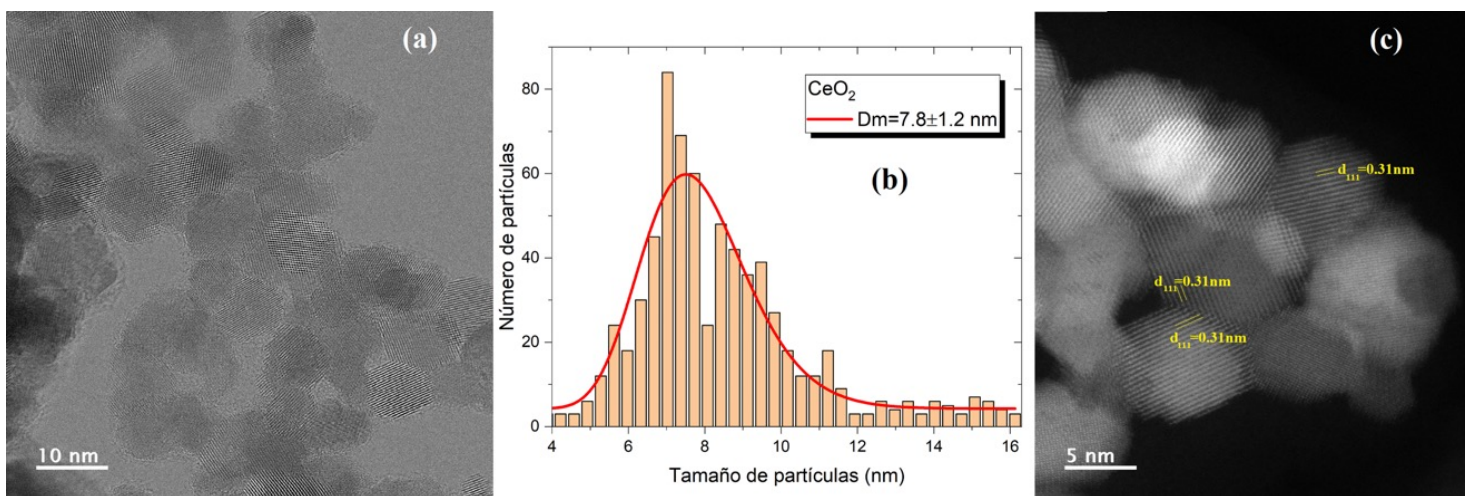


Figura 1. (a) Distribución de NP-CeO<sub>2</sub> en una imagen de campo claro en MET. (b) Determinación del tamaño promedio de las NP-CeO<sub>2</sub>. (c) Indexación en NP-CeO<sub>2</sub> con formas octaédricas.

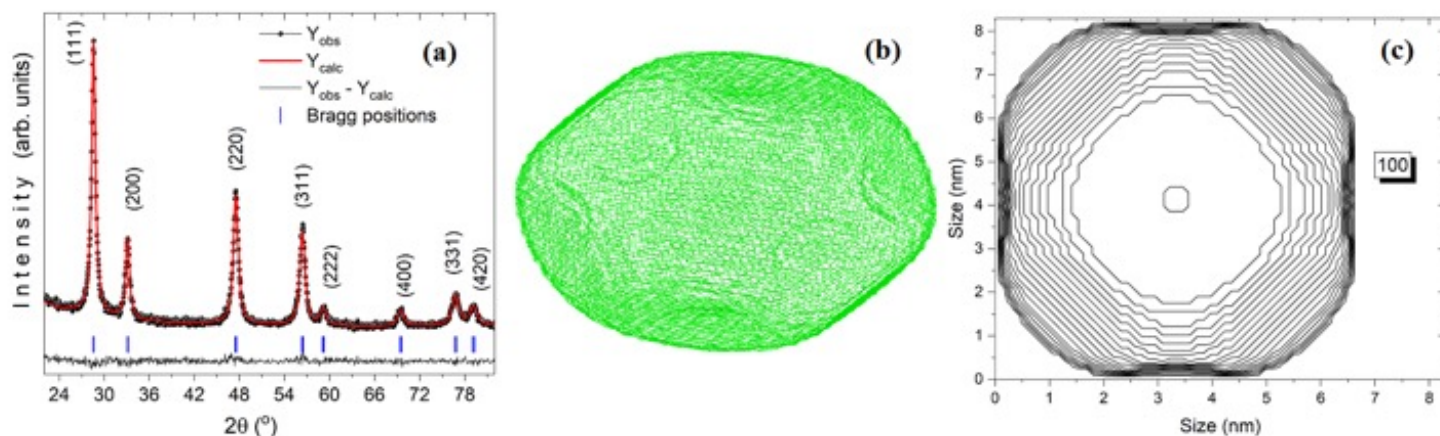


Figura 2. (a) Refinamiento del patrón de XRD usando el programa de FullProf. (b) Visualización de la forma octaédrica truncada de la cristallita de CeO<sub>2</sub>. (c) Proyección bidimensional en el plano (100) de la cristallita usando el programa de GFourier.

## REFERENCIAS

1. Bi, H., et al. Morphology-controlled synthesis of CeO<sub>2</sub> nanocrystals and their facet-dependent gas sensing properties. *Sens. Actuators B: Chem.* (2021), 330, 129374.
2. Casas-Cabanas, M., et al. Microstructural characterisation of battery materials using powder diffraction data: DIFFaX, FAULTS and SH-FullProf approaches. *J. Power Sources* (2007), 174, 414–420.
3. Zhang, Y., et al. Unraveling the physical chemistry and materials science of CeO<sub>2</sub>-based nanostructures. *Chem.* (2021), 7, 2022–2059.
4. Sayle, T. X. T., et al. Shape of CeO<sub>2</sub> nanoparticles using simulated amorphisation and recrystallisation. *Chem. Commun.* (2004), 21, 2438–2439.
5. Wang, Z. L., Feng, X., Polyhedral Shapes of CeO<sub>2</sub> Nanoparticles. *J. Phys. Chem. B* (2003), 107, 13563–13566.
6. Ema, T., et al. Facet-Controlled Synthesis of CeO<sub>2</sub> Nanoparticles for High-Performance CeO<sub>2</sub> Nanoparticle/SnO<sub>2</sub> Nanosheet Hybrid Gas Sensors. *ACS Appl. Mater. Interfaces* (2022), 14, 56998–57007.
7. Ascencio, F., et al. Structural and vibrational study of porous CeO<sub>2</sub> nanoparticles. *Mater. Chem. Phys.* (2024), 311, 128492.
8. Asahina, S., et al. Exploration of Surface-Sensitive Electrons in Scanning Electron Microscopy Reveals the Formation Mechanism of New Cubic and Truncated Octahedral CeO<sub>2</sub> Nanoparticles. *ChemCatChem* (2011), 3, 1038–1044.

9. Camacho-Ríos, M. L., et al. The influence of chelating agents on cerium oxide decorated on graphite synthesized by the hydrothermal route. *Ceram. International* (2020), 46(11), 18791–18799.
10. Schneider, C. A., et al. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods* (2012), 9(7), 671–675.

## AUTORES

Guillermo Herrera-Pérez<sup>1\*</sup>, María Luisa Camacho-Ríos<sup>1</sup>, Jesús Salvador Chavira-Urbe<sup>1</sup>, Raúl Borja-Urby<sup>2</sup>, Claudia Jazmín Ramos-Torres<sup>2</sup>, Armando Reyes-Rojas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Física de Materiales. Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) S. C. México.

<sup>2</sup>Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnologías (CNMN), Instituto Politécnico Nacional, México.

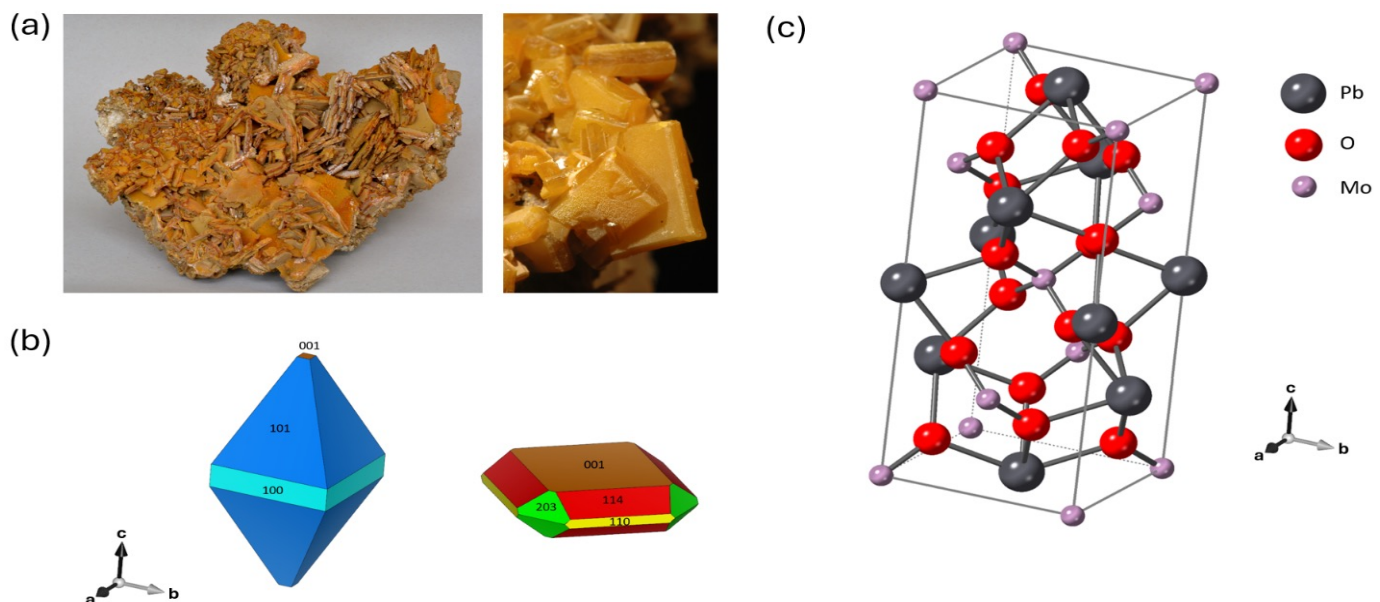
# Microscopía sin fronteras

## ADF cuantitativo en la microscopía electrónica de transmisión para el análisis del crecimiento de minerales cristalinos

En este breve artículo se describe una de las diversas aplicaciones de la microscopía electrónica de transmisión en el estudio del crecimiento de minerales cristalinos. Un ejemplo específico que se presenta a continuación es el estudio en curso de la wulfenita ( $\text{PbMoO}_4$ ) mediante el análisis cuantitativo de imágenes obtenidas por un detector de campo oscuro anular (ADF, por sus siglas en inglés).

### INTRODUCCIÓN

El estudio del crecimiento de cristales es de suma importancia si se pretende diseñar un material avanzado con propiedades específicas. En este caso, es menester investigar el arreglo atómico o molecular del material, pues es éste quien determinará sus propiedades físicas y químicas. Por otro lado, comprender y controlar el crecimiento del material es esencial para lograr con



**Figura 1.** (a) Aglomerado de cristales de wulfenita de color anaranjado-amarillento traslucido con morfología tabular. (b) Representación de las posibles morfologías de las estructuras cristalinas: tipo bpirámide y tabular. (c) Arreglo de la estructura atómica de la wulfenita ( $\text{PbMoO}_4$ ).

éxito su producción en el laboratorio. A grandes rasgos, el estudio de cristales y su crecimiento, es un campo multidisciplinario que tiene implicaciones en el desarrollo de fármacos, en el análisis de proteínas, en biología y bioquímica, en semiconductores, fotónica, celdas de combustible y baterías, en el área de energía, en ciencias de la tierra, en geología, pero también en joyería, y de gran ayuda en las ciencias del medio ambiente, pues puede proporcionar información importante a cerca de minas y asentamientos geológicos. Para estudiar los cristales es necesario conocer y caracterizar su estructura. El uso de microscopía electrónica de transmisión (TEM, por sus siglas en inglés, Transmission Electron Microscopy) en la caracterización de cristales, añade una perspectiva local cuando es empleada en conjunto con una herramienta de mayor alcance volumétrico como lo es típicamente por difracción de rayos X [1].

La wulfenita es un mineral compuesto por Pb, Mo y O, con fórmula estequiométrica  $\text{PbMoO}_4$ . Recibe su nombre en honor a un mineralogista austriaco, Franz Xavier von Wulfen (1728-1805) [2]. En este trabajo, el mineral que sirve como objeto de estudio ha sido extraído de una mina ubicada en Mežica [3], una región de Eslovenia muy cerca de la frontera con Austria. La morfología que manifiesta, al parecer típica de esta región, es de tipo bipiramidal y tabular, como se ilustra en la Figura 1. La diferencia entre los dos tipos de morfologías puede ser atribuida a cambios de composición ocurridos durante su formación que influyeron directa o indirectamente en su crecimiento [4]. En otros casos los cristales de wulfenita pueden desarrollar un carácter hemimórfico, mostrando de manera asimétrica la terminación piramidal por un lado y una base planar por el otro [3, 5]. La estructura atómica de la wulfenita se

describe en la Figura 1c.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se prepararon por la técnica de haz de iones focalizados (FIB, por sus siglas en inglés, Focus Ion Beam) para ser analizadas por TEM [4]. El eje de zona elegido para el análisis corresponde la dirección [100], que significa observar el cristal en la dirección a, si se plantean tres ejes perpendiculares a, b y c, como se muestra en Figura 1b o 1c, y que equivale a examinar perpendicularmente uno de los planos (100) del cristal. El microscopio que se utilizó para el análisis es un microscopio electrónico de transmisión que cuenta con aberración esférica corregida en modo barrido (Cs-STEM, por sus siglas en inglés, Aberration Corrected Scanning Transmission Electron Microscopy), y que alcanza una resolución de 0.8 Å. Una de las técnicas mayormente empleadas en este modo de operación, es la comúnmente llamada contraste Z (donde "Z" corresponde al número atómico) o campo oscuro anular de gran ángulo (HAADF, por sus siglas en inglés, High Angle Annular Dark Field), la cual hace uso de un detector anular y de la dependencia en la dispersión que sufre el haz de electrones al interactuar con los átomos del material, que resulta en una diferencia de contraste entre átomos con distinto número atómico Z. Además, la técnica nos brinda la posibilidad de emplear métodos cuantitativos en las imágenes generadas por campo oscuro anular (ADF) [6]. Para extraer de manera cuantitativa la información de las imágenes que se muestran en del presente trabajo, se empleó un algoritmo que pertenece al software de uso libre StatSTEM [7].

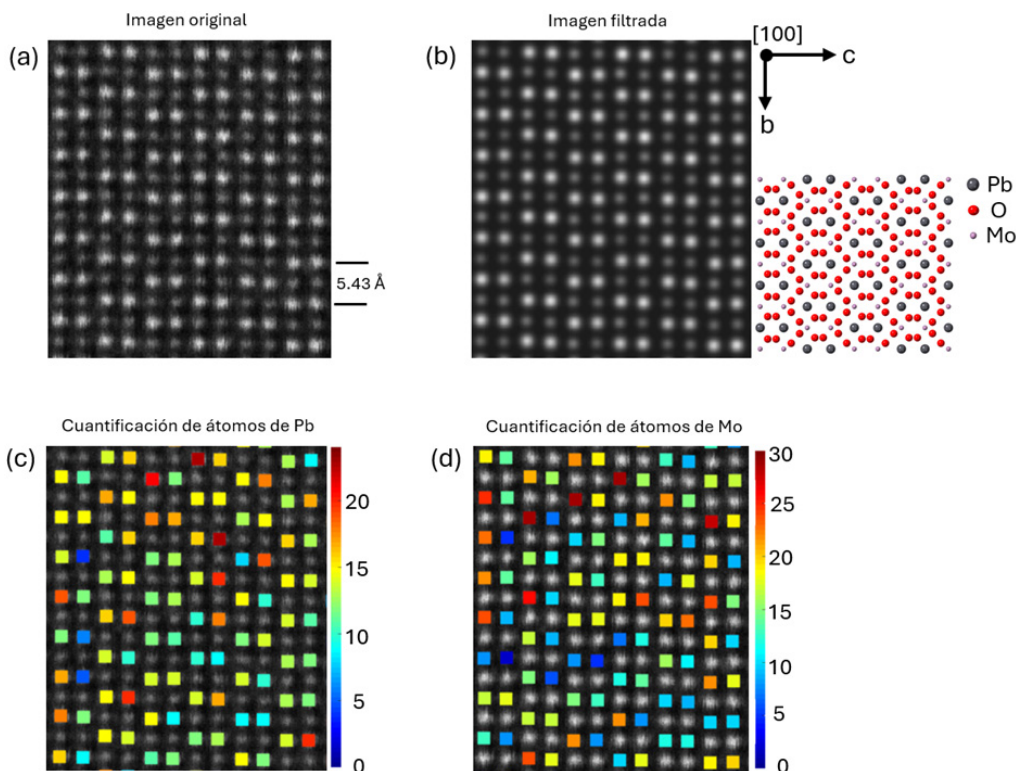


Figura 2. (a) Imagen obtenida por HAADF-STEM de una sección del cristal de wulfenita  $\text{PbMoO}_4$  en la orientación [100]. (b) Misma imagen después de la aplicación de un filtro de ruido Gaussiano, junto con un modelo atómico del cristal de wulfenita  $\text{PbMoO}_4$  en la orientación [100]. (c) Cuantificación de átomos de Pb y (d) cuantificación de átomos de Mo. La escala cromática indica la cantidad de átomos por columna.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Figura 2a**, se muestra una imagen de HAADF-STEM obtenida en el eje de zona [100] de una sección del cristal. El arreglo atómico correspondiente a las columnas de átomos de Pb ( $Z=82$ ) y de Mo ( $Z=42$ ) se distingue por la diferencia de contraste. Esto es debido a que los átomos más pesados dispersan mayormente el haz de electrones, y el contraste entre ambos tipos de columnas es significativo. Por otro lado, dado que el oxígeno posee un número atómico relativamente menor ( $Z=8$ ), la contribución de sus columnas en el contraste de la imagen en este caso no es evidente. Esto se ilustra de una mejor manera en la **Figura 2b**, donde una imagen filtrada nos permite determinar con mayor claridad la posición de las columnas de átomos, y como referencia, se muestra un modelo atómico de la estructura a su costado. En el conjunto de imágenes representadas en las **Figuras 2c y 2d** se indica la cuantificación atómica correspondiente a Pb y Mo. A simple vista es posible distinguir la variación en la escala de colores en las imágenes, sugiriendo una variación en la cantidad de átomos en las columnas señaladas.

Si bien, la diversidad de morfologías en los cristales resulta de factores externos, como la temperatura, presión, composición química, grado de saturación, etc., estos mismos terminan impactando en los factores internos, como la estructura cristalina y sus defectos. En particular, la presencia de impurezas puede influir en la red cristalina del material, y como consecuencia, en el crecimiento de ciertos planos cristalinos.

## CONCLUSIONES

Del análisis por ADF cuantitativo de los minerales de wulfenita  $\text{PbMoO}_4$  que se obtuvieron de la mina de Mežica, se encontró que existen variaciones considerables en las intensidades de las columnas de átomos correspondientes a Pb y Mo. Esto puede interpretarse como columnas de átomos incompletas o como columnas que cuentan con substituciones de un tipo de átomo; Mo en este caso, colocándose en sitios de Pb, si se comparan los radios iónicos. Y dado que se espera una repercusión en la red cristalina, es muy probable que, este efecto pueda identificarse también si, por ejemplo, se realiza un mapa de esfuerzos en la imagen de la red atómica. La hipótesis que se tiene hasta el momento es que esta variación en las columnas podría dar lugar al tipo de planos cristalinos con el cual el cristal termina creciendo. Y si es así, entonces la razón de Pb/Mo puede usarse como manera indicativa para señalar una característica tan particular como lo es la morfología en este tipo de estructura. Un análisis más completo sobre este estudio en curso puede encontrarse en [4]. En resumen, hemos visto entonces como echar un vistazo a la estructura atómica nos puede revelar pistas importantes sobre el arreglo atómico local del material, lo que a su vez nos brinda un mejor entendimiento sobre su formación y nos proporciona una idea más clara de cómo se podrían modificar o mejorar sus propiedades.

## REFERENCIAS

1. D. E. Sands. *Introduction to Crystallography*; Dover Publications, Inc.; New York, 1994.
2. G. Neumeier (2019) Who's Who in Mineral Names: Franz Xaver Freiherr von Wulfen (1728–1805), *Rocks & Minerals*, 94:1, 88-91.
3. I. Cora, M. Czugler, I. Dódony, A. Recnik. On the symmetry of wulfenite ( $\text{Pb}[\text{MoO}_4]$ ) from Mežica (Slovenia). *Acta Crystallographica Section C*, 2011, 67, i33-i35.
4. N. Gracanin, M. Podlogar, S. S. Parapari, P. Boulet, F. Ruiz-Zepeda, S. Šturm, N. R. Šmuc. Formation mechanisms and environmental influences on the crystal growth of wulfenite. *Sci. Rep.*, 2024, 14, 9234.
5. A. Recnik, J. Zavašnik, S. Fajmut-Štrucl. The Mežica mine, Koroška (Slovenia). September 2014. *Mineralogical Record* 45(5):507-548.
6. L. Jones A. Quantitative ADF STEM: acquisition, analysis and interpretation. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2016, 109, 012008.
7. A. De Backer, K.H.W. van den Bos, W. Van den Broek, J. Sijbers, S. Van Aert. StatSTEM: An efficient approach for accurate and precise model-based quantification of atomic resolution electron microscopy images. *Ultramicroscopy*. 171, December 2016, Pages 104-116.

## AUTORES

Francisco Ruiz-Zepeda<sup>1</sup>, Sorour Semsari Parapari<sup>2</sup>, Nik Gracanin<sup>2</sup>, Sašo Šturm<sup>2</sup>, Nastja Rogan Šmuc<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Chemistry, Ljubljana, Slovenia

<sup>2</sup>Jozef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia

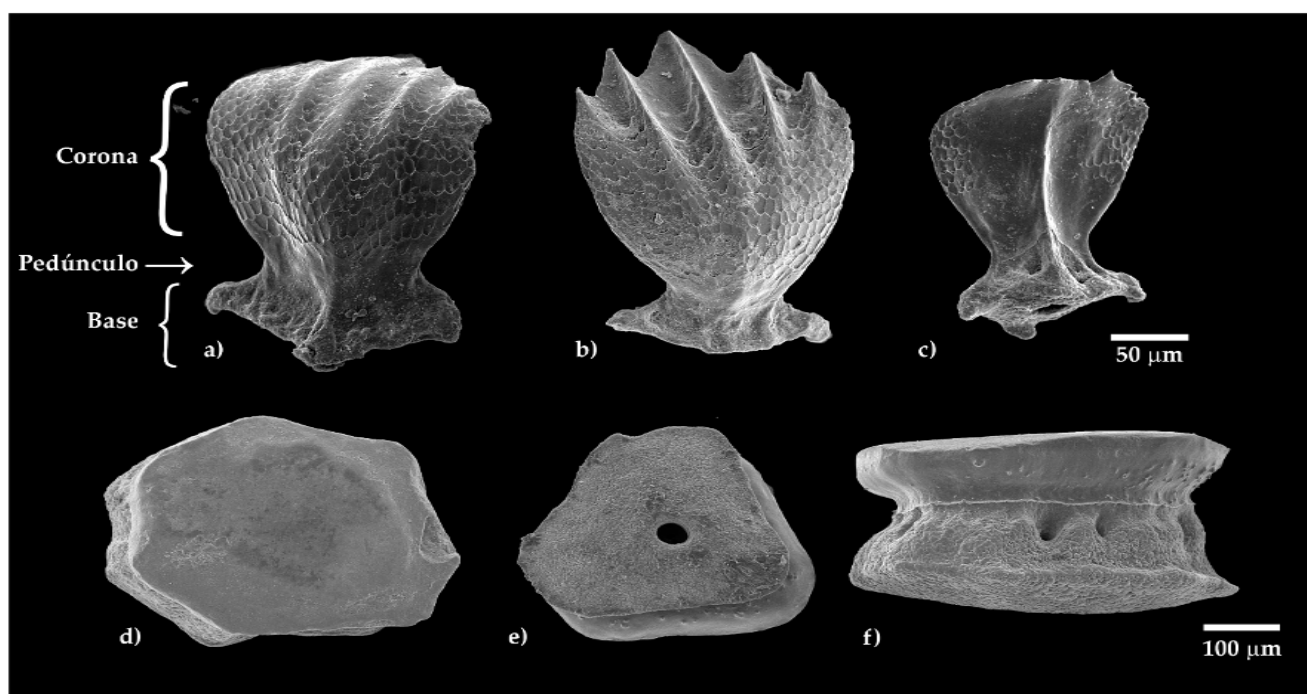
# Divulgación

## Dentículos dérmicos: un viaje microscópico por la piel de los tiburones

La piel de los peces cartilaginosos, los tiburones y las rayas están cubiertas por escamas muy pequeñas, llamadas escamas placoideas o “dentículos dérmicos”, ya que su estructura es semejante a la de un diente. Cada dentículo dérmico se encuentra compuesto por una base, que se ancla a la piel, seguido por un cuello o pedúnculo que se une al resto del cuerpo denominado corona. Ésta sobresale y se proyecta sobre la superficie de la piel, tiene diversas formas y pueden presentar ornamentaciones (Figura 1).

La caracterización morfológica se realiza tomando en cuenta la densidad, forma, grosor y tamaño de los dentículos dérmicos; haciendo énfasis en la descripción detallada de la corona (Figura 2).

La forma, tamaño y arreglo de los dentículos dérmicos varía entre las especies de tiburones debido a las diferencias entre sus hábitats y estilos de vida. Los estudios realizados de la forma de la corona, en diversas especies



**Figura 1.** Imágenes de Microscopía electrónica de Barrido (JEOL-JSM6360LV) de dentículos dérmicos de tiburón martillo *Sphyrna lewini* (a-c). Se observa la corona con cinco crestas y sus correspondientes valles con ornamentación en forma de panal en vista apical (a y b), presenta un pedúnculo corto con perforaciones que se observan en vista posterior (c), en esta misma vista se aprecia la base de forma cuadrangular con cúspides en cada uno de los vértices y una perforación central. Dentículo dérmico de pez sierra *Pristis pristis* (d-f), corona con forma rectangular y textura lisa en vista apical (d), base triangular de tamaño similar a la corona, con perforación central en vista basal (e), pedúnculo ligeramente más estrecho que la base con perforaciones en vista lateral (f).

han permitido conocer, cómo estas características se relacionan con funciones específicas de protección e hidrodinámica. Al tacto, la piel de los tiburones se siente como una lija, por lo que tener un roce con su superficie, puede causar heridas graves. Sin embargo, para ellos es una estrategia de protección frente a abrasiones y defensa contra ataques y mordidas de depredadores. La presencia de estas estructuras microscópicas a lo largo del cuerpo y su disposición en dirección del flujo habitual del agua, además de servirle como una barrera física de protección ante el medio exterior, reduce la resistencia al agua y maximiza la eficiencia al momento de nadar. Por lo que, de acuerdo al hábitat, biología y comportamiento de estos organismos, los denticulos dérmicos presentarán ciertas características. Por ejemplo, se ha visto que en tiburones

de nado rápido como el mako y el blanco, los denticulos dérmicos son pequeños y rígidos, generalmente la corona presenta estructuras en forma de valles y crestas que dan lugar a surcos con forma de “W” o “U” que son paralelas a la dirección de flujo, este diseño hidrodinámico reduce la turbulencia y fricción, lo que les permite nadar y alcanzar velocidades altas durante sus migraciones y al momento de atrapar a sus presas. Por el contrario, los tiburones de nado lento como los nodriza o gata, están cubiertos por denticulos dérmicos grandes y gruesos en forma de guijarro debido a que estas especies tienen un comportamiento menos activo y habitan en zonas cercanas a la costa y no requieren nadar a altas velocidades. Mientras que, los tiburones de aguas profundas como el linterna, presentan denticulos dérmicos en forma de cruz, ganchos o cerdas.

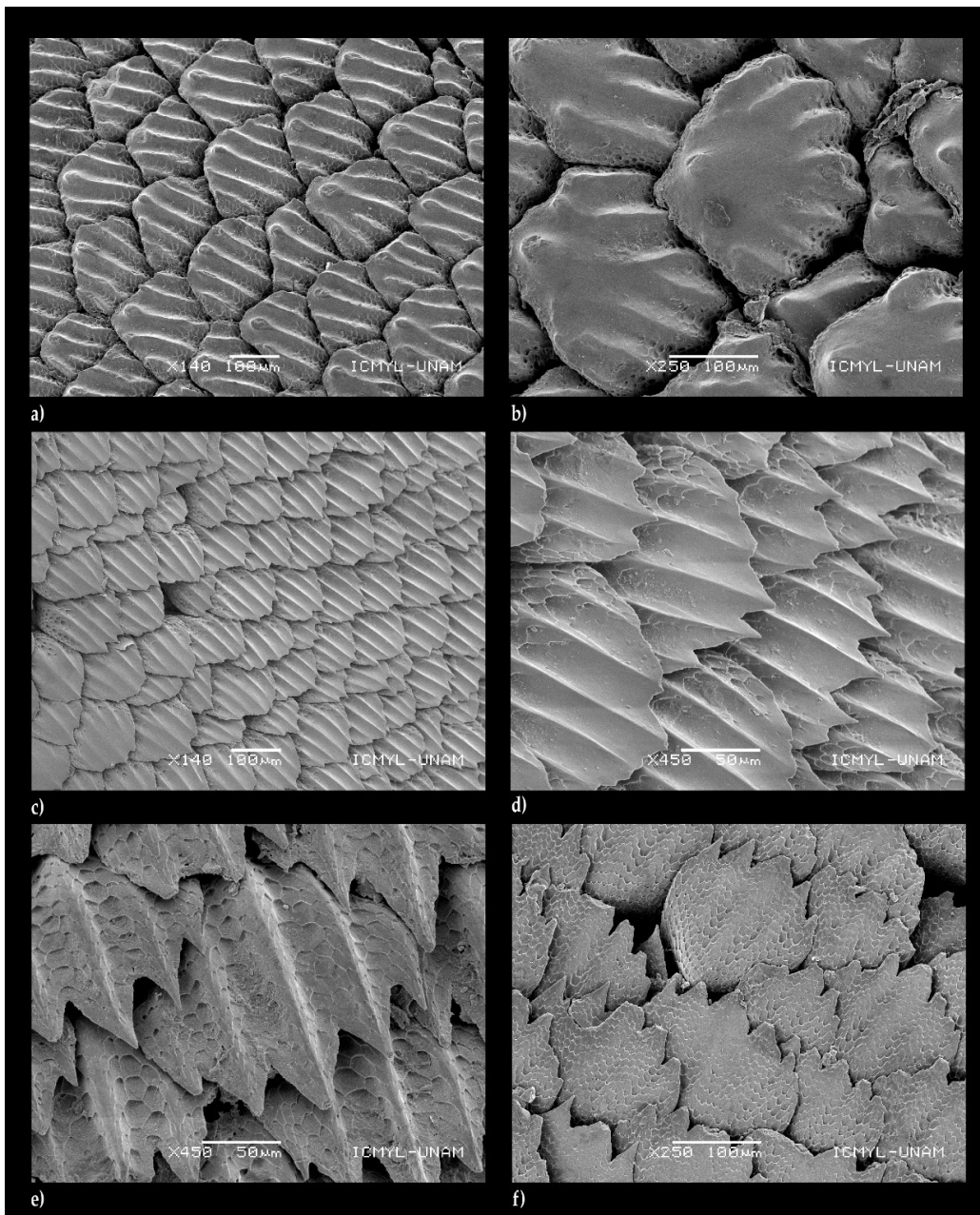


Figura 2. Imágenes de microscopía electrónica de barrido (JEOL-JSM6360LV) que muestran la posición natural y tipos de solapamiento de los denticulos dérmicos de tiburón martillo *Sphyrna lewini* (a-f). Se observan las coronas en forma de diamante con cinco crestas (a). Detalle de los denticulos dérmicos de la cabeza, se observa una protuberancia en la región anterior de la corona y ornamentaciones en el borde entre las cúspides (b). Denticulos dérmicos de la cabeza del tiburón con coronas que se solapan ligeramente en los márgenes lateral y anterior, margen posterior con forma de “W”, presenta cinco crestas paralelas y simétricas con ornamentación en forma de panal que va de la región central al margen anterior de la corona (c y d). Acercamiento de denticulos dérmicos del dorso del tiburón, se observan la ornamentación en forma de panal en la vista dorsal de la corona (e). Denticulos dérmicos de zona dorsal del tiburón, se observan cambios en su morfología, ausencia de crestas y modificación de las cúspides (f).

La dureza de las escamas está relacionada con su constitución química, la cual les confiere su conservación por largo tiempo y resistencia a diferentes condiciones ambientales.

Por ello, estas estructuras han cobrado gran importancia como herramienta de identificación en diversos campos como la paleontología y arqueología, y más recientemente en el control de pesquerías. Los dentículos dérmicos generalmente son de tamaño menor a 1 mm, es decir microscópicos; por lo que, para el estudio de estas estructuras especializadas y su descripción morfológica, es de vital importancia contar con instrumentos especializados como el microscopio electrónico de barrido (MEB).

A través de fotografías de pieles y dentículos aislados, obtenidas con el MEB, es posible describir la morfología de los dentículos dérmicos, identificar el área corporal del tiburón al cual pertenecen además de realizar la determinación taxonómica a nivel específico. En algunos casos se ha propuesto el reconocimiento de dimorfismo sexual en algunas especies de tiburones con esta estructura.

En el contexto arqueológico, es sabido que se recuperaron dentículos dérmicos de tiburones y rayas en ofrendas encontradas en el recinto sagrado del Templo Mayor de México Tenochtitlán, provenientes durante la séptima temporada del proyecto Templo Mayor del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Dichos dentículos, tienen una antigüedad que oscila entre 500 y 700 años. Con base en dichas estructuras, se identificaron varios especímenes, dos rayas conocidas como pez sierra (*Pristis pectinata* y *P. pristis*) probablemente procedentes de las costas del Golfo de México o mar Caribe y un tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) que podría provenir tanto de las costas del Pacífico o Atlántico mexicano. En estos estudios, el conocimiento de la morfología de los dentículos dérmicos y el uso del MEB han sido una herramienta primordial en la identificación de los organismos presentes en las ofrendas del Templo Mayor, ya que, con base en las fotografías tomadas, permitieron observar e identificar las características propias de cada dentículo dérmico. De igual forma se están desarrollando en la actualidad estudios descriptivos de este tipo de escamas en tiburones, con la finalidad de servir como una herramienta más de identificación de tiburones y rayas en el área pesquera y de la conservación.

## REFERENCIAS

1. Bolaño Martínez N., Mendoza Vargas O. U., Salinas-Amézquita S., Robles Cortés E. I. 2022. Dentículos dérmicos, una herramienta en la identificación de tiburones y rayas. En Los animales y el recinto sagrado de Tecnochtitlan. 423- 438.

2. Ebert D, Fowler S y Compagno L. 2013. Sharks of the World: A fully illustrated guide to the sharks of the world. Wild Nature Press. Plymouth, UK. 528
3. Dillon E. M., Norris N. D., O’Dea A., 2017. Dermal denticles as a tool to reconstruct shark communities. Marine Ecology Progress Series, 566: 117-134.
4. Ghimire A., Dahl R. B., Shen F., Chen Y., 2024. Skin Denticles: From Morphological Diversity to Multi-functional Adaptations and Applications. Advanced Functional Materials, 2307121.
5. Mendoza Vargas O. U. y Bolaño Martínez N. 2022. Los peces sierra ofrendados al pie del Templo Mayor, un análisis biológico. En Los animales y el recinto sagrado de Tenochtitlán. 439-457.

## AUTORES

Laura Elena Gómez Lizárraga<sup>1</sup>, Nataly Bolaño Martínez<sup>2</sup> y Oscar Uriel Mendoza Vargas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Servicio Académico de Microscopía Electrónica de Barrido, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>3</sup>Naturijua Asociados S.A de C.V.

# Reseñas

## DR. JOSÉ MANUEL DOMÍNGUEZ ESQUIVEL



El Dr. Jose Manuel Domínguez Esquivel, nació en el estado de Zacatecas y emigró a la ciudad de México para realizar sus estudios de Física en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Posteriormente realizó una Maestría en Cinética Química y Catálisis y el Doctorado en Ciencias Físicas en la Universidad Lyon I (Claude Bernard) en Francia, terminando con Mención Honorífica (“Trés Honorable”). A su regreso a México ingresó como investigador científico al Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) de la Ciudad de México, y en esta institución ha desarrollado su carrera profesional. Ha publicado más de 200 artículo científicos en revistas internacionales indizadas y aproximadamente 30 patentes de nivel internacional, orientadas a diversas aplicaciones derivadas de la Ciencia de Materiales y la Catálisis, basadas en las propiedades de los materiales a escala molecular y nanométrica. Sus trabajos han sido citados por pares, acumulando aproximadamente 4000 citas, con un índice h de 37 y un índice i10 de 90 (Google Académico). Es miembro Emérito del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnología (CONAHCyT) y durante su trayectoria como investigador ha publicado obras selectas en formato de libro donde destacan “El amanecer de la catálisis en Iberoamérica”, “La Triada Innovadora” “Enciclopedia Visual del Petróleo”, etc., en las cuales presenta un panorama retrospectivo de los retos y áreas de oportunidad para la investigación en los temas de su competencia. Es Miembro Fundador de la Sociedad Mexicana de Materiales (SMMater) en conjunto con los Dres. David Ríos y Miguel José-Yacamán, con quienes ha participado en trabajos de investigación, y en sus propias palabras menciona: “...Miguel (Yacamán) me enseñó la microscopia electrónica de transmisión, mientras que yo le compartí mis conocimientos sobre la catálisis, en particular

el rol de las nanopartículas metálicas en la transformación de hidrocarburos y de varias especies químicas, lo que abrió una línea de investigación muy fructífera en que se logró difundir en la comunidad científica de México” ([https://doi.org/10.1016/0021-9517\(80\)90493-5](https://doi.org/10.1016/0021-9517(80)90493-5)). En 2011 el Dr. Domínguez dirigió el proyecto No. 177007 dentro del Programa de la Secretaría de Energía y CONAHCyT (SENER-CONAHCyT) para la recuperación de aceite matricial, o en otras palabras modificar las propiedades del petróleo crudo desde el yacimiento, tales como viscosidad y densidad API (American Petroleum Institute) para facilitar la producción y transporte desde el pozo, mediante el uso de catalizadores diversos, tanto de aquellos compuestos por nanopartículas dispersas como de fluidos iónicos, posicionando el conocimiento científico y talento técnico mexicano al nivel de otros países como Canadá, Francia, Alemania y EUA. También, realizó una estancia posdoctoral como profesor asociado en Lehigh University, Pensylvania USA, con los Dres. Kamil Klier y David Williams, a su regreso desarrolló la especialidad de microscopia analítica (AEM-EDS-EELS) y microscopia de barrido por transmisión (STEM), creando un laboratorio de microscopia de vanguardia en el IMP orientado a las necesidades y proyectos de la industria petrolera (PEMEX-IMP), así como a la formación de estudiantes de universidades nacionales, con un impacto positivo en el desarrollo de la ciencia, la tecnología e innovación en México. Desde 2007 y hasta la fecha ha participado como coorganizador del simposio Advanced Catalytic Materials: Nano & Bulk, que se celebra en el marco del International Materials Research Congress, un evento organizado en conjunto con Sociedad Mexicana de Materiales (SMM-México) y la Materials Research Society (MRS-EUA), con una participación ininterrumpida como editor invitado para las revistas de Catalysis Today, Journal of Materials Research y MRS Communications. También, es profesor de la cátedra en Ciencia de Materiales de la Universidad Metropolitana campus de Azcapotzalco, Ciudad de México.

Para más información revisar:

<https://scholar.google.com.mx/citations?user=8nrnmGEAAA&hl=es>

### AUTOR

Dr. Manuel Antonio Ramos Murillo

Departamento de Física y Matemáticas, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.



# Noticias

Desde su invención, la microscopía ha sido una herramienta esencial en el progreso de la ciencia y la tecnología, facilitando la observación y el entendimiento de fenómenos en escalas microscópicas. En esta sección, nos dedicamos a presentar las noticias más importantes sobre los avances y eventos globales en el campo de la microscopía.

Entre los años 2023 y 2024, la comunidad científica ha sido testigo de eventos notables y avances significativos que han dejado una huella profunda en el campo de la investigación. Estos incluyen descubrimientos pioneros y progresos tecnológicos que prometen llevar el conocimiento a nuevas alturas. A continuación, ofrecemos un panorama de algunos de los ejemplos más destacados que, sin duda, podrían captar la atención de investigadores y aficionados a la microscopía por igual.

## EVENTOS

En lo que va del 2024 se han realizado congresos relacionados con el campo de la microscopía. Destacamos algunos de ellos:

Simposio de Microscopía Electrónica-X (EM-X) en Stanford se celebró el 4 de marzo de 2024 en Stanford y se centró en los avances recientes en microscopía electrónica. Contó con la participación de expertos destacados como el Prof. David J. DeRosier de la Universidad Brandeis y el Prof. Andrei Khlobystov de la Universidad de Nottingham. <https://microscopy.org/Events/future.cfm>

La reunión de primavera de la Sociedad de Microscopía y Microanálisis del Medio Oeste (MMMS) tuvo lugar el 15 de marzo de 2024, destacando la participación del Profesor Qian Chen de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign. Presentó el simposio "Electron Videography and Machine Learning of Soft Matter", enfocado en el uso de videografía electrónica y aprendizaje automático en el estudio de la materia blanda. Otro simposio notable fue "Using Artificial Intelligence and Machine Learning Methods to Enhance X-ray Microtomography at the Argonne Synchrotron Light Source", a cargo de Tekin Bicer, Ph.D., del Laboratorio Nacional Argonne. Este exploró

cómo la inteligencia artificial y el aprendizaje automático pueden mejorar la microtomografía de rayos X en la fuente de luz sincrotrón de Argonne. Ambos simposios resaltaron el impacto de las técnicas avanzadas de IA y ML en la evolución de la microscopía y su contribución a la investigación científica.

<https://microscopy.org/Events/future.cfm>

La conferencia anual Arizona Imaging and Microanalysis Society (AIMS) Annual Meeting tuvo lugar en la Universidad Estatal de Arizona, Scottsdale, AZ, del 21 al 22 de marzo de 2024. Los simposios se centraron en las últimas investigaciones y tecnologías en el campo de la microscopía e imagenología, reuniendo a profesionales y académicos para discutir avances y aplicaciones.

<https://azmicroscopy.org/events/>

Focus on Microscopy 2024 (FOM2024) se llevó a cabo en Génova, Italia, del 24 al 27 de marzo de 2024. FOM2024 es parte de una serie de conferencias anuales que se centran en las últimas innovaciones y avances en microscopía aplicada en biología, medicina y ciencias de los materiales. Los temas abordados incluyeron la teoría y práctica de la microscopía confocal y de excitación multifotónica, diseño de instrumentos y microscopios, superresolución, nanoscopía, técnicas de expansión y aclaramiento, entre otros. <https://www.focusonmicroscopy.org/>

## DESARROLLOS TECNOLÓGICOS

**La Revolución de la Inteligencia Artificial en la Microscopía de Super-Resolución**

En el campo de la investigación biomédica, la inteligencia artificial (IA) está jugando un papel crucial, especialmente en el avance de la microscopía de super-resolución. Esta última técnica ha revolucionado la biología celular y molecular al permitir la visualización de estructuras subcelulares con una resolución que supera los límites tradicionales de la difracción de la luz. El impacto de esta tecnología fue reconocido en 2014 con la concesión del Premio Nobel de Química a Eric Betzig, Stefan W. Hell y William E. Moerner por el desarrollo de la microscopía de fluorescencia de super-resolución.

La inteligencia artificial, enfocada en la creación de sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el reconocimiento de patrones y el aprendizaje, está mejorando significativamente la precisión y eficiencia en el análisis y procesamiento de imágenes microscópicas. Las aplicaciones de la IA en la microscopía de super-resolución incluyen la mejora de la resolución de imágenes capturadas, permitiendo a los investigadores observar detalles más finos de las muestras biológicas, y la automatización del procesamiento de grandes volúmenes de datos de imágenes.

Además, la IA facilita la detección y segmentación de estructuras celulares específicas en las imágenes, lo que es crucial para el estudio de procesos biológicos y la identificación de anomalías celulares. Un ejemplo de esta integración es el algoritmo MCS-DETECT desarrollado por un equipo colaborativo que incluye a Ben Cardoen, Ghassan Hamarneh, Kurt Vandevorde, Guang Gao, Milene Ortiz Silva e Ivan Robert Nabi. La investigación se publicó en la revista *Journal of Cell Biology* en 2023. Este algoritmo utiliza IA para detectar sitios de contacto de membrana en grandes volúmenes de microscopía sin necesidad de segmentación previa. Este enfoque mejora la eficiencia y precisión del análisis de interacciones celulares, fundamental para comprender la biología celular y los mecanismos subyacentes a diversas enfermedades.

Este avance tecnológico está transformando la forma en que se realizan los estudios biomédicos, abriendo nuevas posibilidades para descubrimientos más rápidos y precisos en el campo de la biología celular y molecular. La integración de la inteligencia artificial en la microscopía de super-resolución promete continuar revolucionando la investigación científica en los años venideros.

<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.06.23.497346v2>

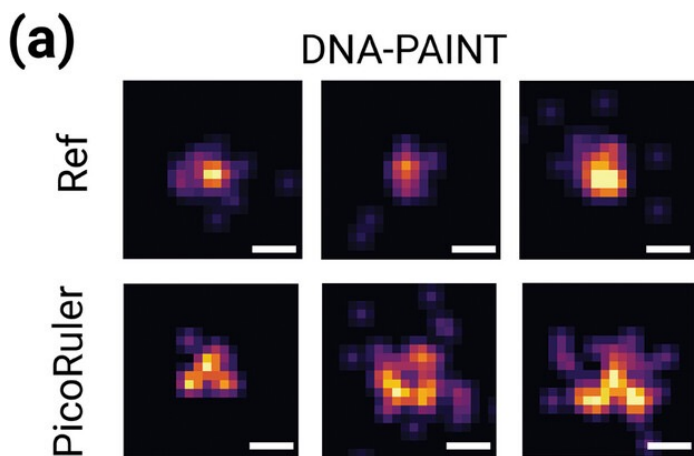
### Avance Revolucionario en Microscopía de Super-Resolución con la Creación de PicoRulers

Investigadores del Rudolf Virchow Zentrum (Centro de Bioimagen Integrativa y Traslacional en la Universidad Julius-Maximilians (JMU) Würzburg), liderados por el Dr. Gerti Beliu y el Profesor Markus Sauer, han logrado un avance revolucionario en el campo de la microscopía de fluorescencia de alta resolución. Su innovador método permite, por primera vez, utilizar biomoléculas como reglas moleculares para calibrar los últimos métodos de microscopía de superresolución, que tienen una resolución de solo unos pocos nanómetros. Estas técnicas de superresolución alcanzan una resolución óptica en el rango de unos pocos nanómetros, lo que corresponde a la escala de tamaño de las moléculas celulares. Sin embargo, hasta ahora no había sido posible verificar la resolución real alcanzada en componentes celulares como complejos multiproteicos, debido a la falta de sistemas de referencia biomoleculares que pudieran ser etiquetados con tintes en

posiciones precisamente definidas a una distancia de unos pocos nanómetros.

El equipo dirigido por el Dr. Beliu y el Profesor Sauer ha dado un giro en esta situación al presentar en la revista *Advanced Materials* los PicoRulers (Reglas Ópticas de Calibración Basadas en Proteínas para la Imagen). Mediante la expansión del código genético y la química click, el equipo ha logrado construir estas reglas moleculares personalizadas, que pueden utilizarse como estructuras de referencia biomoleculares precisas en la microscopía de fluorescencia. Los PicoRulers se basan en la proteína trípartita PCNA (Antígeno Nuclear de Proliferación Celular), que juega un papel central en la replicación y reparación del ADN. La introducción precisa de aminoácidos no naturales en posiciones definidas ha modificado esta proteína de tal manera que los tintes fluorescentes u otras moléculas pueden ser acoplados específicamente a ella con un mínimo error de enlace. Esto permite a los investigadores probar la resolución de los últimos métodos de microscopía de superresolución con una precisión sin precedentes en una biomolécula celular definida con precisión.

La aplicación de esta tecnología va más allá de los límites tradicionales de la microscopía. "Nuestros PicoRulers no son solo una herramienta para mediciones más precisas, sino que también abren la puerta a una investigación más profunda y detallada de procesos complejos que ocurren dentro de nuestras células", explica Gerti Beliu. El desarrollo futuro de los PicoRulers puede cambiar la imagen biológica y médica con resolución molecular a largo plazo, haciendo posible validar y mejorar el potencial de resolución de nuevos métodos de microscopía de superresolución en muestras biológicas. Esto los convierte en una herramienta valiosa para la futura elucidación de la organización molecular y la interacción de biomoléculas en células.

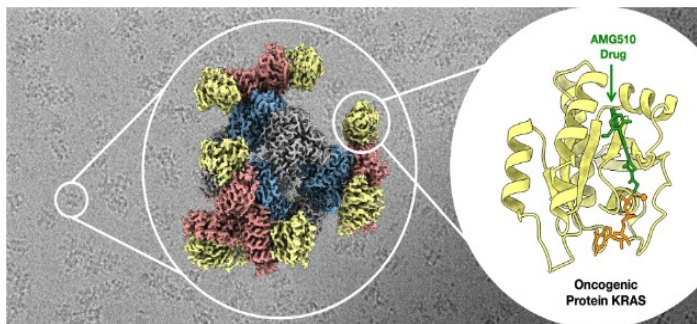


<https://analyticalscience.wiley.com/content/news-do/picoruler-molecular-rulers-high-resolution-microscopy>

### Biología estructural con Microscopía Crioelectrónica

La microscopía crioelectrónica (cryo-EM) ha sido una herramienta revolucionaria en el campo de la biología estructural, permitiendo a los científicos observar las estructuras moleculares de los seres vivos con un nivel de detalle sin precedentes. Este avance tecnológico ha abierto nuevas vías para el desarrollo de terapias más precisas y efectivas, transformando nuestra comprensión de los mecanismos biológicos a nivel molecular.

Un equipo de investigadores de la Universidad de California, Los Ángeles (UCLA), ha desarrollado una mejora clave en la técnica de cryo-EM. Este avance permite observar la estructura atómica de moléculas pequeñas, como los fármacos, unidas a proteínas, utilizando un andamio con protuberancias en forma de trípode para capturar y sostener firmemente las proteínas. Esta innovación tiene el potencial de guiar el desarrollo de medicamentos más efectivos, especialmente en la lucha contra el cáncer.



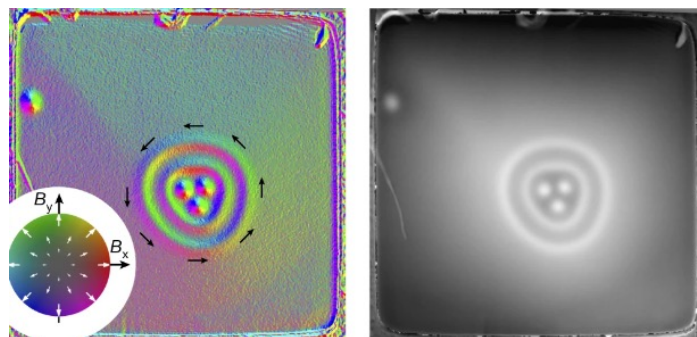
<https://newsroom.ucla.edu/releases/tripod-tethers-advance-in-cryo-electron-microscopy>

### Observación Directa de Hopfiones en Cristales Magnéticos

Un equipo internacional de investigadores, Fengshan Zheng, Nikolai S. Kiselev, Filipp N. Rybakov, Luyan Yang, Wen Shi, Stefan Blügel y Rafal E. Dunin-Borkowski, ha logrado un avance significativo en el estudio de la magnetización al observar directamente hopfiones en cristales magnéticos. Los hopfiones son solitones tridimensionales, estructuras estables y localizadas que adoptan la forma de anillos en el interior de los cristales magnéticos. Estos solitones topológicos son configuraciones de campo magnético localizado que forman estructuras de anillo cerrado en materiales magnéticos específicos, siendo topológicamente estables y pudiendo surgir en cristales magnéticos quirales.

Utilizando la técnica de microscopía electrónica de transmisión (TEM), el equipo observó hopfiones formando estados acoplados con cuerdas de skyrmion en placas de FeGe tipo B20. Empleando técnicas de imagen de

Lorentz y holografía electrónica, junto con simulaciones micromagnéticas y un protocolo de intercambio de campo, se logró la nucleación y visualización precisa de los anillos de hopfion. Este descubrimiento, publicado en la revista Nature en 2023, representa un avance crucial en la comprensión de las estructuras magnéticas topológicas y su potencial aplicación en tecnologías emergentes como



la spintrónica.

El estudio de los hopfiones ofrece una mayor comprensión de los fenómenos magnéticos fundamentales y abre nuevas posibilidades en el diseño de dispositivos magnéticos avanzados, con potencial para mejorar la eficiencia y resistencia a perturbaciones en dispositivos de almacenamiento y procesamiento de información. Además, podría conducir a avances en tecnologías de comunicación y computación cuántica, marcando el inicio de una nueva era en la electrónica de spin.

<https://www.nature.com/articles/s41586-023-06658-5>

### INDUSTRIA

#### Ibidi ha expandido la serie de $\mu$ -placas

ibidi ha expandido su popular serie de  $\mu$ -placas de 96 pozos para incluir pozos cuadrados y redondos. Al agregar la opción de pozo redondo a la serie de  $\mu$ -placas, ibidi ofrece una nueva opción para sistemas de imágenes de alto rendimiento. Las  $\mu$ -placas de ibidi están disponibles en formatos de 24, 96 o 384 pozos. Son compatibles con la automatización en entornos académicos y farmacéuticos y están diseñadas para mejorar el flujo de trabajo de estudios de imágenes detallados y de alto rendimiento.

<https://www.ibidi.com>

#### Kyle Morris se ha unido al Banco de Datos de Microscopía Electrónica (EMDB)

El Banco de Datos de Proteínas Mundial (wwPDB) está emocionado de anunciar que Kyle Morris se ha unido a EMDB como su nuevo líder de equipo. Kyle aporta 10 años de experiencia en criomicroscopía electrónica (cryo-EM) y se basará en el conocimiento de primera mano de su investigación científica y roles de personal dentro de las instalaciones de cryo-EM. Su visión para EMDB incluye

fortalecer sus funciones centrales, desarrollar conexiones con bases de datos complementarias y preparar el archivo para futuras tecnologías de cryo-EM, incluidas las aplicaciones de aprendizaje automático.

<https://www.wwpdb.org>

#### **EVIDENT anuncia alianza para automatizar flujos de trabajo de patología digital**

EVIDENT anunció una alianza con Corista, Sakura Finetek USA y Visiopharm para ofrecer una solución de flujo de trabajo automatizada de principio a fin para la patología en EE. UU. Juntos, los líderes científicos combinarán sus tecnologías para agilizar el flujo de trabajo de tinción, imagen y análisis de imágenes de portaobjetos completos con la colaboración y gestión necesarias en los laboratorios de alto volumen de hoy en día.

<https://www.evidentscientific.com>

#### **Centro de Criomicroscopía Electrónica del Noroeste del Pacífico (PNCC)**

PNCC está ofreciendo un mecanismo desarrollado para ayudar a los laboratorios con recursos limitados o nulos de cryo-EM a ingresar al campo de la cryo-EM. El "Mecanismo de Acceso para Cribado" de PNCC proporcionará a los usuarios acceso in situ a recursos y experiencia de cryo-EM de vanguardia para llevar a cabo la preparación y optimización de muestras bajo la supervisión cercana de especialistas en cryo-EM capacitados. Su objetivo es ayudar a los usuarios a identificar condiciones de criodred que serán exitosas para la transición a actividades de recolección de datos.

<https://pncc.labworks.org>

#### **El prestigioso Premio Röntgen otorgado al físico Dr. Roy Shiloh**

El prestigioso Premio Röntgen fue otorgado por la Universidad Justus Liebig de Giessen (JLU) al físico Dr. Roy Shiloh. El dinero del premio es donado por Pfeiffer Vacuum y la Fundación Ludwig Schunk. La JLU ha otorgado este premio desde 1960, en memoria del ganador del Premio Nobel Wilhelm Conrad Röntgen. El Dr. Shiloh recibe el premio por sus destacados estudios en torno al tema de "aceleración de electrones en nanofotónica".

<https://www.pfeiffer-vacuum.com>

#### **TAU Systems refuerza su equipo de gestión**

TAU Systems, el productor de aceleradores láser-plasma ultrarrápidos y compactos, anunció más adiciones a su equipo de gestión senior a medida que la compañía continúa su camino hacia la disponibilidad comercial del sistema. TAU ha nombrado al especialista en láser Dr. Corneliu Catalin Neacsu como su vicepresidente de Desarrollo de Negocios y al Dr. Nikolaus Klaus Metzger como Director, Ciencia y Tecnología Láser.

<https://www.tausystems.com>

#### **Excelitas Technologies nombra nuevo CEO y CFO para liderar una empresa preparada para el crecimiento**

Excelitas Technologies Corp., fabricante líder en tecnología industrial enfocado en ofrecer soluciones fotónicas innovadoras y orientadas al mercado, ha anunciado el nombramiento de Ron Keating como su nuevo Director Ejecutivo (CEO) y Ben Stas como Director Financiero (CFO). El Sr. Keating y el Sr. Stas suceden al anterior CEO David Nislick y al anterior CFO Jim Rao, quienes han anunciado sus jubilaciones.

<https://www.excelitas.com>

#### **Ganadores del Concurso Nikon Small World 2023 anunciados**

El Concurso Nikon Small World se inició en 1974 para reconocer la fotografía obtenida a través del microscopio de luz. Small World se ha convertido en un escaparate líder para fotomicrografistas de la más amplia gama de disciplinas científicas. Hassanain Qambari, asistido por Jayden Dickson del Lions Eye Institute, ganó el primer premio este año por su imagen de la cabeza del nervio óptico de un roedor mostrando astrocitos (amarillo), proteínas contractiles (rojo) y vasculatura retiniana (verde). 2024 es el 50 aniversario del concurso. Antes de la celebración, se pueden cargar imágenes y videos digitales.

<https://www.nikonsmallworld.com>

#### **Leica Microsystems colabora con UMass Chan**

El Centro Sanderson para la Experimentación Óptica (SCOPE) en la Escuela de Medicina UMass Chan y Leica Microsystems, Inc. han colaborado para establecer el sitio de Socio en Microscopía en UMass Chan. Este programa tiene como objetivo apoyar la misión conjunta de educar a la próxima generación de científicos e ingenieros y promover nuevos descubrimientos científicos, al tiempo que avanza en los esfuerzos de la Escuela de Medicina como una institución académica y científica líder mundial.

<https://www.leica-microsystems.com>

#### **RPMC Lasers anuncia asociación exclusiva con Fluence Technology**

RPMC Lasers, Inc. anunció un acuerdo de distribución exclusiva con Fluence Technology, lo que permite a RPMC ofrecer su gama de láseres de fibra ultrarrápidos, totalmente de fibra, osciladores y dispositivos de caracterización de pulsos láser ultracortos. Fluence Technology se especializa en la fabricación de láseres de fibra ultrarrápidos, habiendo desarrollado una tecnología de fibra única que garantiza una estabilidad sin precedentes, resistencia ambiental y operación sin mantenimiento para aplicaciones de micromaquinado avanzado y muchas otras aplicaciones exigentes.

<https://www.rpmclasers.com/>

### **Fischione Instruments ofrece soluciones de limpieza con plasma y de contaminación**

La limpieza con plasma elimina la contaminación por hidrocarburos sin causar cambios en la composición elemental o las características estructurales de una muestra. Fischione Instruments ofrece varios productos para la limpieza de muestras con plasma, así como productos para bombear y almacenar soportes de tomografía TEM en vacío.

<https://www.fischione.com>

### **Skylark Lasers asegura una inversión de \$5M para avanzar en la miniaturización de láseres**

Skylark Lasers se especializa en el diseño y producción de láseres de estado sólido bombeados por diodo compactos (C-DPSS). La última ronda de inversión liderada por Par Equity refleja una fuerte confianza en el potencial de Skylark Lasers para liderar sus respectivos mercados en espectroscopía Raman, microscopía y fabricación avanzada. La asociación a largo plazo de Par Equity ha sido fundamental para permitir que Skylark Lasers demuestre y entregue tecnologías clave críticas para sus clientes globales.

<https://www.skylarklasers.com>

### **Business Oregon otorga a Applied Physics Technologies (APT) una subvención de \$1.2M**

Business Oregon otorgó a Applied Physics Technologies (APT) una subvención de \$1,200,000 del Fondo de Oportunidades Emergentes. Este premio ayudará a la compañía con la construcción de una nueva sala limpia y mejoras en la instalación de la sede de la compañía en McMinnville, Oregon. Este premio fue posible gracias al apoyo de la Asociación de Desarrollo Económico de McMinnville (MEDP) y la Asociación de Extensión de Fabricación de Oregon.

<https://www.a-p-tech.com>

## **NUEVOS PRODUCTOS**

### **Un nuevo paradigma para la criomicroscopía electrónica (Cryo-EM)**

Apollo es una revolucionaria cámara de detección directa basada en eventos para criomicroscopía electrónica. Basada en un sensor de nueva generación y una arquitectura de cámara que realiza el conteo de electrones, Apollo es el detector directo de mayor rendimiento y mayor capacidad para criomicroscopía electrónica. El nuevo sensor fue diseñado desde cero utilizando el nuevo enfoque de Apollo de conteo de electrones ultrarrápido en el chip para ofrecer una mejora dramática en calidad y velocidad sobre los detectores directos de generación anterior.

<https://directelectron.com/apollo/>

### **Lambert Instruments presenta LIFA vTAU**

Lambert Instruments ha presentado LIFA vTAU, un sistema basado en cámaras que revoluciona la microscopía de imágenes de tiempo de vida de fluorescencia (FLIM) para aplicaciones en células vivas. Con una velocidad y precisión sin precedentes, LIFA vTAU se integra sin problemas con cualquier microscopio de fluorescencia. Equipado con un detector SPAD ultra sensible, captura hasta 100 imágenes de tiempo de vida por segundo, incluso en condiciones de iluminación desafiantes, lo que permite una amplia gama de aplicaciones que permiten a los investigadores explorar la dinámica de células vivas y procesos biológicos.

<https://flim.camera/>

### **Nueva estación de Corte**

Sistema OmniGrade de Pfeiffer Vacuum

OmniGrade es un sofisticado sistema de análisis de gases residuales (RGA) con configuraciones que incluyen dos o tres cámaras, que consisten en la cámara del espectrómetro en la que se coloca el espectrómetro de masas y una cámara de medición donde se colocan las muestras durante la medición. El sistema fue diseñado para demandas de baja huella y fácil integración. La compatibilidad con salas limpias es posible y el espectrómetro de masas se puede seleccionar según los requisitos.

<https://www.pfeiffer-vacuum.com/global/en/products/>

### **Bomba de desplazamiento seco compacta Edwards mXDS3**

Una alternativa seca y pequeña a las bombas de paletas rotativas selladas con aceite y las bombas de diafragma de capacidad similar, las bombas mXDS3 se ofrecen como estándar o configuradas con un accesorio de válvula de entrada y silenciador/filtro de escape para convertirse en las mXDS3s. Las mXDS3s compactas y ligeras pesan solo 7.8 kg y vienen con un asa de transporte hecha a medida, lo que las hace altamente portátiles.

<https://ravescientific.com/vacuum-supplies/edwards-mxds3-compact-dry-scroll-pump>

### **Estaciones de trabajo de la cabina de equilibrio SSE**

La SSE está diseñada para ubicarse en una isla o península con acceso por dos lados para laboratorios estudiantiles y procedimientos de trabajo ligero. La SSE se ofrece en anchos de 24", 36" y 48" y está construida con marcos metálicos resistentes a químicos y paneles de acrílico transparente de 1/4" de espesor y un visor inclinado. Un diseño de flujo de aire eficiente proporciona una contención superior para la protección del usuario. El visor ergonómico está inclinado 15 grados para facilitar la visualización.

<https://hemcocorp.com/>

### Tintes de viabilidad fijables Live-or-Dye™ de Biotium

Los tintes Live-or-Dye™ se ofrecen en una amplia selección de 14 colores para un diseño de panel fácil. Esto incluye tintes espectrales únicos diseñados para aprovechar la multiplexación mejorada por citometría de flujo espectral. La etiqueta Live-or-Dye™ es extremadamente estable, lo que permite fijar y permeabilizar las células sin pérdida de fluorescencia o transferencia de tinte entre células. Varios colores de tinte están adaptados para llenar los huecos del infrarrojo lejano entre los fluoróforos comunes para el flujo espectral.

<https://biotium.com/>

### Presentación de la familia de microscopios de iluminación estructurada de enrejado ZEISS (SIM)

La familia de productos ZEISS Lattice SIM, que consta de tres microscopios de superresolución, utiliza la microscopía de iluminación estructurada de enrejado (Lattice SIM) de una manera única para satisfacer las diferentes necesidades de una variedad de aplicaciones, desde la sección óptica rápida de organismos y tejidos

<https://www.zeiss.com/microscopy/en/home.html>

### RECOPILACIÓN:

Roberto Israel Hernández Lima

Centro de Investigación en Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

# CALENDARIO DE EVENTOS

La siguiente es una lista de eventos relacionadas con la microscopía y cursos. Los editores agradecerán la retroalimentación a esta lista a través de la notificación por correo electrónico a [eventos@ammicro.mx](mailto:eventos@ammicro.mx), pedimos que proporcione la siguiente información:

- Nombre del evento/ curso
- Fechas
- Breve descripción
- Sociedad/organización/universidad patrocinadora
- Persona de contacto
- Número de teléfono
- Dirección de correo electrónico
- URL del sitio web

## CONGRESOS 2024

XIII Congreso Nacional de Microscopía 2024 de la AMMM

23-27 septiembre, 2024

Centro de Internacionalización y de Relaciones Internacionales UANL

Monterrey, Nuevo León, México

<https://www.ammmicro.mx/>

¡VISITA NUESTRA PÁGINA <https://ammicro.mx/congreso/> Y PARTICIPA EN EL EVENTO NACIONAL MÁS IMPORTANTE DE MICROSCOPÍA!

**XIII Congreso Nacional de Microscopía 2024**  
Monterrey, Nuevo León, México

LUGAR  
**MONTERREY**  
23 - 27 SEPTIEMBRE 2024  
Centro de Internacionalización, UANL

LOS PRE-REGISTROS AL CONGRESO ESTÁN ABIERTOS!. REvisa las fechas importantes  
<https://ammicro.mx/congreso/fechas-importantes/>

Asociación Mexicana de Microscopía y Microanálisis, A.C. UANL UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**2024 MRS Spring Meeting and Exhibit**  
**April 22–26, 2024 (in person) and May 7–9, 2024 (virtual)**  
 Seattle, WA  
[mrs.org/meetings-events/spring-meetingsexhibits/2024-mrs-spring-meeting](https://mrs.org/meetings-events/spring-meetingsexhibits/2024-mrs-spring-meeting)

**7th International Conference on Advanced Nanoparticle Generation and Excitation by Lasers in Liquids - ANGEL 2024**  
**May 26-31, 2024**  
 Charlottesville, Virginia, USA  
[angel-conference.org/index.htm](https://angel-conference.org/index.htm)

**Inter/Micro 2024: 74th Annual International Microscopy Conferenc**  
**June 11–14, 2024**  
 Chicago, IL  
[mccroneinstitute.org/v/1427/InterMicro](https://mccroneinstitute.org/v/1427/InterMicro)  
**TMS Specialty Congress 2024**  
**June 16–20, 2024**  
 Cleveland, OH  
[tms.org/SpecialtyCongress2024](https://tms.org/SpecialtyCongress2024)

**74th ACA: American Crystallographic Association Annual Meeting**  
**July 7–12, 2024**  
 Denver, CO  
[amercrystalassn.org/future-meetings](https://amercrystalassn.org/future-meetings)

**Microscopy & Microanalysis 2024**  
**July 28–August 1, 2024**  
 Cleveland, OH  
[microscopy.org/m-and-m-meeting](https://microscopy.org/m-and-m-meeting)

**32 International Materials Research Congress 2024**  
**August 18-23**  
 Cancún, México  
[mrs-mexico.org.mx/imrc2024/](https://mrs-mexico.org.mx/imrc2024/)

**Superalloys 2024: 15th International Symposium on Superalloys**  
**September 8–12, 2024**  
 Champion, PA  
[tms.org/SuperAlloys2024](https://tms.org/SuperAlloys2024)

**MS&T24: TMS Fall Meeting 2024 at Materials Science & Technology 2024**  
**October 6–9, 2024**  
 Pittsburgh, PA  
[tms.org/TMSFall2024](https://tms.org/TMSFall2024)

**Calendario de eventos de la RMS**  
<https://www.rms.org.uk/rms-event-calendar.html>

## CURSOS 2024

**Asociación Mexicana de Microscopía y Microanálisis (AMMM) A.C.**  
[ammmicro.mx](https://ammmicro.mx)

**Espectroscopía de Infrarrojo: fundamentos y aplicaciones**  
**6, 8, 13 y 15 de mayo, 2024**

**La difracción de RX en el estudio de los materiales**  
**3, 5, 10 y 12 de junio, 2024**

**Diseño y fabricación de dispositivos semiconductores**  
**8, 10, 15 y 17 de julio, 2024**

**Escuela Virtual de Caracterización de Materiales de la SMMater 2024, 4a edición**  
[mrs-mexico.org.mx/smm-escuela-virtual.html](https://mrs-mexico.org.mx/smm-escuela-virtual.html)

**Applied Polarized Light Microscopy (PLM) (1201) / Forensic Microscopy (1204)**  
**July 15-19, 2024 In-Person**  
 Chicago, IL  
[mccroneinstitute.org/](https://mccroneinstitute.org/)

## CONGRESOS 2025

**TMS 2025: 154th Annual Meeting & Exhibition**  
**March 23–27, 2025**  
 Las Vegas, NV  
[tms.org/AnnualMeeting/TMS2025](https://tms.org/AnnualMeeting/TMS2025)

**TMS Specialty Congress 2025**  
**June 15–19, 2025**  
 Anaheim, CA  
[tms.org/SpecialtyCongress2025](https://tms.org/SpecialtyCongress2025)

## RECOPIACIÓN:

Amelia López Herrera

Colegio de Postgraduados.

## AFILIACIÓN A LA AMMM

### Beneficios de afiliar tu compañía a la AMMM

- El logo de la compañía aparecerá en la página WEB, en el boletín, en las redes sociales, en los carteles de los cursos que organice la AMMM y en toda la publicidad de la Asociación.
- Participación con notas novedosas de la compañía en el boletín de la AMMM.
- Una liga de la página WEB de la Asociación al sitio Web de la compañía.
- Derecho a un curso al año en el tema que propongan, previa autorización de la mesa directiva de la AMMM.
- Descuento del 20% en el precio del stand y lugar preferencial en el congreso que organice la AMMM en pronto pago y 10% en fechas cercanas al evento.
- Acceso a la base de datos de estudiantes de la Asociación, para encontrar futuros clientes y colaboradores de las compañías.
- Elegir una vez al año la fecha y lugar de algún evento de difusión de equipos y nuevas tecnologías, patrocinado por ellos y auspiciado por la asociación (previa planeación).
- Voz en las asambleas de la Asociación para temas como la elección de la sede del Congreso Nacional o CIASEM internacional y otros temas generales.

Email: [contacto@ammmicro.mx](mailto:contacto@ammmicro.mx)  
<https://www.ammmicro.mx/afiliaciones/>

Únete con Nosotros al

# XIII Congreso Nacional de Microscopía

LUGAR

## MONTERREY

23 - 27 SEPTIEMBRE 2024

Centro de Internacionalización, UANL

La Asociación Mexicana de Microscopía y Microanálisis (AMMM) en conjunto con la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) se complace invitar a todos al

### XIII Congreso Nacional de Microscopía 2024

Monterrey, Nuevo León, México

El **Comité Organizador** está elaborando un espléndido programa con **Simposios** en el área **Biológicas y de Materiales**. Se reunirán **expertos en Microscopía** de todo el país, proveedores de equipos y consumibles de prestigiosas marcas.

Únete y participa en las diferentes actividades:

- Cursos pre-congreso
- Conferencias Magistrales
- Simposios de Biológicas y Materiales
- Conferencias invitadas
- Presentaciones Orales
- Exhibición de Carteles
- Exhibición de equipos y consumibles

ORGANIZA

Asociación Mexicana de Microscopía y Microanálisis, A.C.

UANL  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

<https://ammmicro.mx/congreso/>

# EMPRESAS AFILIADAS



OXFORD INSTRUMENTS

[hector.olivares@oxinst.com](mailto:hector.olivares@oxinst.com)

<https://www.oxinst.com/>

ANALYTICAL INSTRUMENTS GROUP.  
MÉXICO & LATAM.

THERMO FISHER SCIENTIFIC  
[daniela.barbosa@thermofisher.com](mailto:daniela.barbosa@thermofisher.com)

<https://www.thermofisher.com>

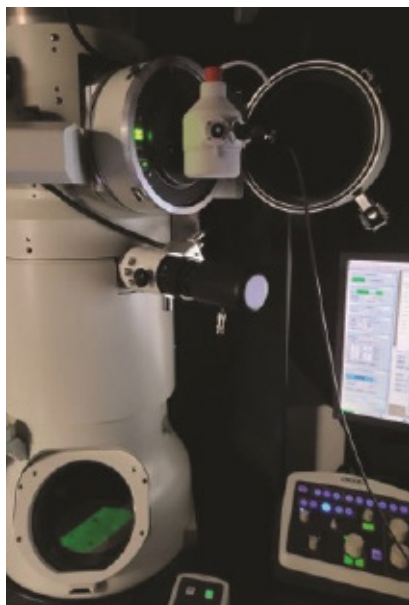
**ThermoFisher**  
S C I E N T I F I C



JEOL DE MEXICO

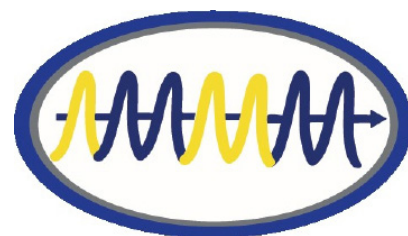
[eleyva@jeol.com.mx](mailto:eleyva@jeol.com.mx)

<https://www.jeolusa.com/>



Afiliación:

Email: [contacto@ammmicro.mx](mailto:contacto@ammmicro.mx)  
<https://www.ammmicro.mx/afiliaciones/>



¡VISITA NUESTRA PÁGINA <https://ammmicro.mx/congreso/>  
Y PARTICIPA EN EL EVENTO NACIONAL MÁS IMPORTANTE DE MICROSCOPIA!



# XIII Congreso Nacional de Microscopía 2024

Monterrey, Nuevo León, México

LUGAR

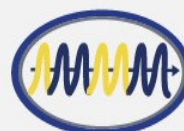
**MONTERREY**

23 - 27 SEPTIEMBRE 2024

Centro de Internacionalización, UANL

LOS PRE-REGISTROS AL CONGRESO ESTÁN ABIERTOS!. REvisa LAS FECHAS IMPORTANTES

<https://ammmicro.mx/congreso/fechas-importantes/>

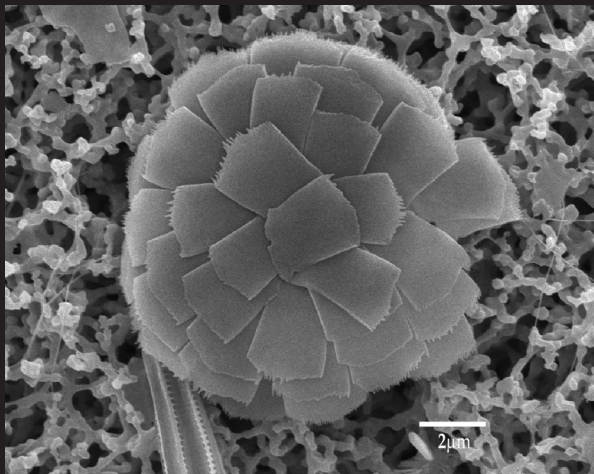


Asociación Mexicana de Microscopía  
y Microanálisis, A.C.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



# Mesa Directiva de la AMMM

**Fotografía de Contraportada:** Cocolitofórido *Florisphaera profunda*, microalga marina unicelular con cocósfera multi-petalada de arreglo concéntrico y escamas planas rectangulares con lado aserrado asimétrico. Obtenida por microscopía electrónica de barrido.

**AUTOR:** Laura Elena Gómez Lizárraga y David Uriel Hernández Becerril (ICMYL-UNAM, CDMX).

Miguel Ávalos Borja  
**Presidente**

Araceli Zavaleta Mancera  
**Vicepresidenta**

Vicente Garibay Febles  
**Secretario**

Rodrigo Esparza  
**Tesorero**

## **Vocales del área de Materiales**

Arturo Ponce Pedraza  
David Ríos Jara  
Daniel Bahena Uribe

## **Vocales del área de Biología**

Luis Felipe Jiménez García  
Carlos Villegas Mercado  
Mónica Ramírez Vázquez  
Alfredo Rafael Vilchis Nestor



Asociación Mexicana de Microscopía y Microanálisis

[contacto@ammmicro.mx](mailto:contacto@ammmicro.mx)

<https://www.ammmicro.mx/>

