

Número 33

Año 2021

Un siglo y una decena:
la Universidad, la Nación
e Hispanoamérica

Fabio Moraga Valle

La salud mental en tiempos
de Covid-19

Mariana Gutiérrez Lara

De Ciencia, Guerra... y algo más

Benjamín Ruiz Loyola

Determinación de la composición
verdadera de películas de perovskita
con cationes mixtos

Carina Pareja-Rivera, Diego Solís-Ibarra

Estudio de fotoluminiscencia de
películas delgadas de SiO_xC_y depositadas
mediante precursores de Si orgánicos

*Manmohan Jain, J. R. Ramos-Serrano,
Ateet Dutt, Yasuhiro Matsumoto*

Los eruditos medievales y la Revolución
Científica de los siglos XVI y XVII:
¿continuidad o ruptura?

José Luis Álvarez García

Diseño de antenas moleculares para
transferencia de energía (FRET)

*Pasquale Porcu, Andrea García Rodríguez,
Ricardo D. Martínez Serrano y Ernesto Rivera*

¿Cómo se infectan las células por virus y bacterias?

Ma. Cristina Piña Barba, David M. Giraldo-Gómez, Karla K. Gómez-Lizárraga

Análisis cuantitativo de plomo (II) basado en voltamperometría diferencial de pulso

*Luz Elena Rebolledo Perales, Gian A. Álvarez Romero, Israel Samuel Ibarra Ortega,
Carlos A. Galán Vidal, Irma Pérez Silva*

Reseña: El libro que nos enseña cómo poner a
las matemáticas al servicio de todos

Diana P. Rivera Segundo

Biografía: Vicente Fernández Rodríguez,
Ciencia y Tecnología en el
Guanajuato del Porfiriato

Juan Carlos Fonseca Mata

Óxidos metálicos
nanoestructurados
para la detección de gases

*José Manuel Luna Ramos,
Montserrat Bizarro*

¿Puede el cobre
prevenir infectarse
de coronavirus?

*Gabriel Torres
Villaseñor*

Aleaciones
nanocristalinas
magnéticas suaves:
propiedades
y aplicaciones

*Aida Miranda Cordero,
Israel Betancourt*

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
EN MATERIALES



Universidad Nacional Autónoma de México

Enrique Graue Wiechers
Rector

Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario General

William Henry Lee Alardín
Coordinador de la Investigación Científica

Instituto de Investigaciones en Materiales

José Israel Betancourt Reyes
Director

Ilich Argel Ibarra Alvarado
Secretario Académico

Estrella Ramos Peña
Editora responsable

Astron Rigel Martínez Rosas
Coordinador editorial y de divulgación

Comité Editorial:

Maricela Zapata Arroyo
Yareli Rojas Aguirre
Karina Suárez Alcántara
José Chávez Carvayar
Francisco Morales Leal
Ateet Dutt

Producción:

Editorial IIM
Editor científico: Estrella Ramos Peña
Editor digital: Alberto López Vivas
Cuadros y plástica: Estrella Peña
Diseño editorial: Astron Rigel Martínez Rosas

La reproducción del material aquí mostrado se permite siempre y cuando:
se cite esta revista, se reconozca a los autores y no sea utilizado con fines comerciales.

Presentación

El número que ponemos en sus manos es particularmente importante para nosotros pues se produjo en medio de la pandemia de 2020. Como a todos, nos tomó por sorpresa y fue francamente complicado organizar la logística y lanzamiento de este proyecto.

Se trata de un número variopinto, con mucho material relacionado con coronavirus, ciencia de materiales, artículos de divulgación científica y artículos de corte social o de contenido histórico científico. Además de las conocidas secciones de Reseña de libro, que en este número está dedicado al trabajo de Eugenia Cheng “*X+Y: A mathematician’s manifesto for rethinking gender*”; les recomiendo su lectura si quieren ver las Matemáticas desde un ángulo distinto. La sección de Biografía retrata a Vicente Fernández Rodríguez, científico mexicano del porfiriato. Entre sus líneas puede leerse un gran amor por el estado de Guanajuato, tierra del retratado y del autor. En la sección de Noticias encontrarán notas de vanguardia relacionadas con virus, tecnología, superconductividad y sistemas auto-organizados.

La curaduría de artículos que hicimos para ustedes les permitirá disfrutar lecturas y trabajos de investigación realizados en diferentes áreas: ¿Puede el cobre prevenir infectarse de coronavirus?; Aleaciones magnéticas nanocristalinas; Óxidos metálicos nanoestructurados para la detección de gases; Un siglo y una decena: la Universidad, la Nación e Hispanoamérica; La salud mental en tiempos de Covid-19 (y el aislamiento social); De Ciencia, Guerra... y algo más; Determinación de la composición verdadera de películas de perovskita con cationes mixtos; Estudio de luminiscencia de películas delgadas de SiOxCy depositadas mediante precursores de Si orgánicos; Los eruditos medievales y la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII: ¿continuidad o ruptura?; Diseño de antenas moleculares para transferencia de energía (FRET); ¿Cómo se infectan las células por virus y bacteria?; Análisis cuantitativo de plomo (II) basado en voltamperometría diferencial de pulso con redisolución anódica y electrodos de pasta de carbón con MIP. También podrán apreciar los carteles ganadores del 8° Simposio de estudiantes asociados al Instituto de Investigaciones en Materiales, SIMPEST 2020, las tres ponencias ganadoras en la modalidad oral del mismo simposio pueden leerse en las páginas 62, 66 y 92, ¡felicidades a los entusiastas ganadores de este evento! Para ilustrar este número contamos con el trabajo de Karen Roldan, quien nos regaló fotografías análogas, tomadas con rollo fotográfico, de nuestro querido IIM.

Para terminar, no me resta más que dar las gracias a todas las personas colaboradoras de nuestra revista. Su entusiasta participación, su gusto por compartir conocimiento con nosotros y permitirnos ser el vehículo para dar a conocer su trabajo es algo que valoramos muchísimo.

¡Esperamos que lo disfruten!

Editorial

La revista Materiales Avanzados es una publicación semestral con sede en el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, México, Tel. 56 22 45 00. CDMX www.iim.unam.mx/revista, editora responsable: *Estrella Ramos* eramos@iim.unam.mx Reserva de derechos al uso exclusivo del título ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública 04-2003-041612533600-102. Certificado de licitud de título 12619, certificado de licitud de contenido 10191, expedidos por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. ISSN 1665-7071.

Correo electrónico materialesavanzados@iim.unam.mx

Índice

3 Presentación

8 Reseña: El libro que nos enseña cómo poner a las matemáticas al servicio de todos

Diana P. Rivera Segundo

11 Biografía: Vicente Fernández Rodríguez, Ciencia y Tecnología en el Guanajuato del Porfiriato

Juan Carlos Fonseca Mata

17 Noticias: Zinc y Covid; agujeros negros; autoensamblaje de la cápside viral como blanco terapéutico, y una más de superconductividad a temperatura ambiente

24 ¿Puede el cobre prevenir infectarse de coronavirus?

Gabriel Torres Villaseñor

28 Aleaciones nanocristalinas magnéticas suaves:
propiedades y aplicaciones

Aida Miranda Cordero, Israel Betancourt

38 Óxidos metálicos nanoestructurados
para la detección de gases

José Manuel Luna Ramos, Monserrat Bizarro

46 Un siglo y una decena: la Universidad,
la Nación e Hispanoamérica

Fabio Moraga Valle

52 La salud mental en tiempos de Covid-19

Mariana Gutiérrez Lara

58 De Ciencia, Guerra... y algo más

Benjamín Ruiz Loyola

62 Determinación de la composición verdadera de películas de perovskita con cationes mixtos

Carina Pareja-Rivera, Diego Solis-Ibarra

66 Estudio de fotoluminiscencia de películas delgadas de SiO_xC_y depositadas mediante precursores de Si orgánicos

Manmohan Jain, J.R. Ramos-Serrano, Ateet Dutt, Yasuhiro Matsumoto

70 Los eruditos medievales y la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII: ¿continuidad o ruptura?

José Luis Álvarez García

76 Diseño de antenas moleculares para transferencia de energía (FRET)

Pasquale Porcu, Andrea García Rodríguez, Ricardo D. Martínez Serrano y Ernesto Rivera

82 ¿Cómo se infectan las células por virus y bacterias?

*Ma. Cristina Piña Barba, David M. Giraldo-Gómez,
Karla K. Gómez-Lizárraga*

92 Análisis cuantitativo de plomo (II) basado en voltamperometría diferencial de pulso con redisolución anódica y electrodos de pasta de carbón con MIP

Luz Elena Rebolledo Perales, Giaan A. Álvarez Romero, Israel Samuel Ibarra Ortega, Carlos A. Galán Vidal, Irma Pérez Silva

98 Apoyo a la docencia: Carteles ganadores del 8° Simposio de estudiantes asociados al IIM

*Diana Laura Hernández Arellano, Fabián Cuétara Guadarrama,
Héctor Muñoz González*

102 Fotografías

*Karen Orletth
Roldan Sampayo*



Reseña

El libro que nos enseña cómo poner a **las matemáticas al servicio de todos**

Diana P. Rivera Segundo

Unidad Cuernavaca del Instituto de Matemáticas,
Universidad Nacional Autónoma de México,
Av. Universidad s/n Periferica, 62210 Cuernavaca, Morelos

diana.rivera@im.unam.mx

Al pensar en las aplicaciones que tienen las matemáticas, probablemente imaginemos su relación con la Física, la Economía y, de manera más o menos reciente, con la Biología. Lo cierto es que, fuera de la Estadística, es difícil imaginar la intervención que tienen las matemáticas en problemas cotidianos, sobre todo en problemas tan arraigados en nuestra sociedad como lo es la inequidad de género. La doctora Eugenia Cheng hace un excelente trabajo al poner el pensamiento matemático a favor de combatir la desigualdad de género. No solo logra esto, con su trabajo también deja la pauta para generalizar la aplicación de la matemática a muchos otros problemas sociales.

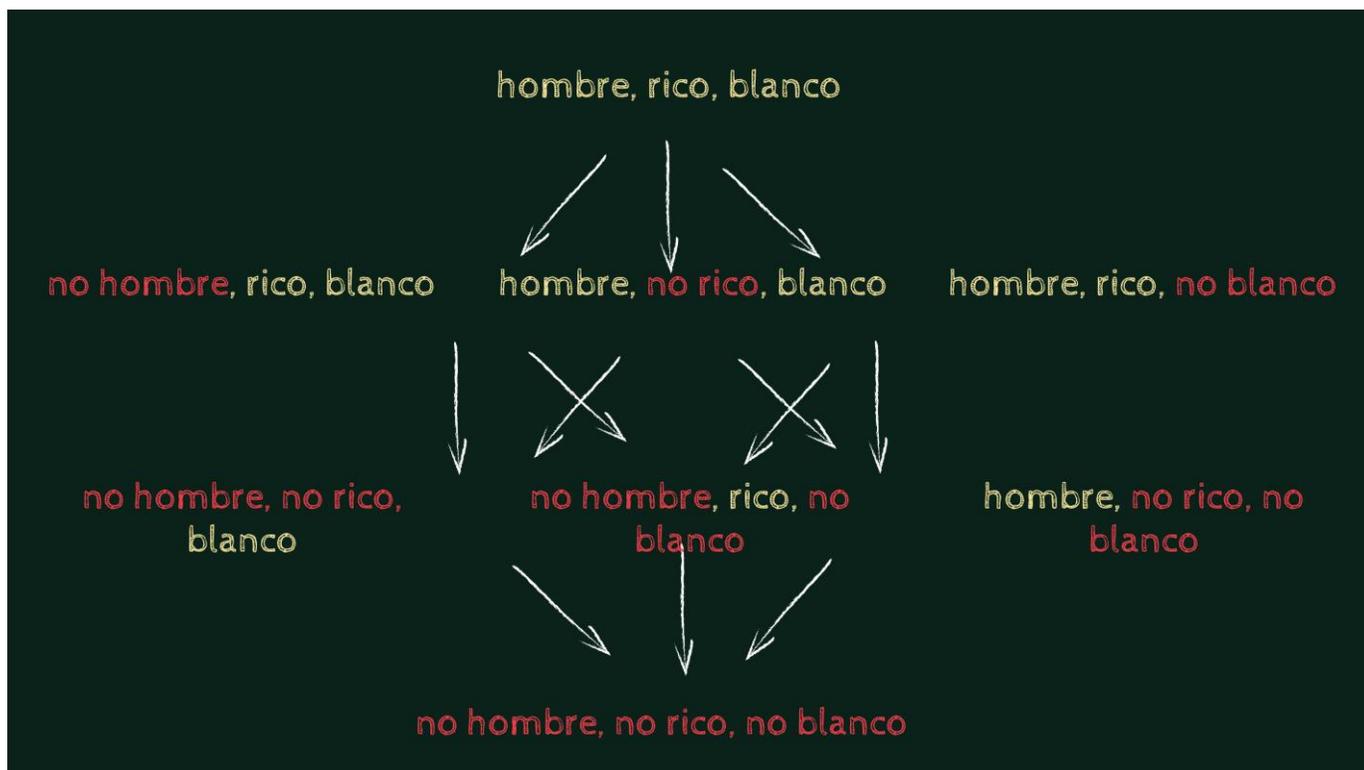
En la primera parte del libro, la doctora Cheng nos recuerda que “*las matemáticas no se tratan exclusivamente de números y ecuaciones*”. Por eso, no debe esperar un libro lleno de cálculos y fórmulas complicadas (que reducirían la desigualdad de género a un simple número).

Entre sus páginas se analizan algunas de las afirmaciones con las que se pretende justificar la desigualdad de género, de una manera tal que cualquier matemática o matemático podría hacerlo, y no solo cualquier matemática o matemático, sino cualquiera que disfrute de seguir los argumentos lógicos de una buena discusión.

En ningún momento la autora niega que existan diferencias entre mujeres y hombres, lo que sí nos invita a reflexionar y cuestionarnos es: ¿son estas diferencias suficientes para justificar la brecha de género?, y, ¿cuál es el sentido de basar nuestro mundo en esas diferencias?

Según los datos disponibles del 2018 del Sistema Nacional de Investigadores, las mujeres representan únicamente el 37 % de todas las personas investigadoras en México. Proporción que se reduce todavía más en las altas esferas de investigación y en algunas áreas de conocimiento, como las Matemáticas.

“¡(las matemáticas) Engloban mucho más que eso!: incluyendo el estudio de las formas, patrones, estructuras, interacciones, relaciones...”



Entender un problema tiene su mérito, pero una vez que lo has entendido, ¿qué puedes hacer al respecto? Más aún, la autora se pregunta:

**“¿Cómo puedo, como matemática, contribuir?
¿Cómo puedo contribuir, no solo desde mi experiencia, sino desde las matemáticas mismas?”**

Una pregunta que bien podríamos hacernos desde cualquier disciplina en la que nos encontremos. La doctora Cheng tiene una propuesta: la congresividad.

Pero, ¿qué es la congresividad? La respuesta corta (y bastante interesante) a esta pregunta es que leas el libro para saberlo y llegues así a tus propias conclusiones. Tranquilo, también puedo ofrecerte una respuesta complementaria: *la congresividad* es lo contrario a *la ingresividad*, y la ingresividad es una actitud individualista y competitiva. El libro afirma que dicha actitud está normalizada en muchos campos de la ciencia y, contrario a esto, propone una actitud colaborativa para lograr un bien común.



“No eres muy científica, ¿verdad?”

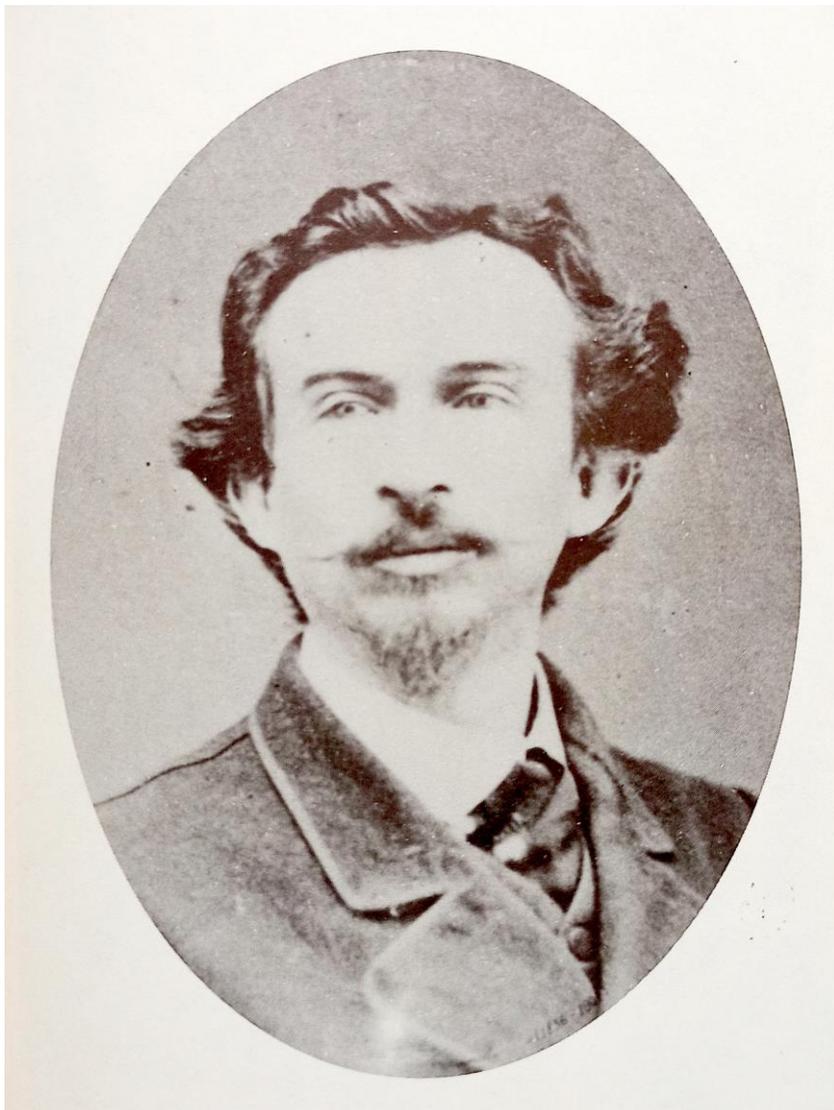
Ingresivo: Le dijo la olla al comal.

Entonces, ¿cuándo publicaste tu artículo más reciente?

Pasivo: Soy perfectamente científica.

Congresivo: ¿Con qué parte de mi argumento no estás de acuerdo?”

Cheng, Eugenia (2020). *X+Y: A mathematician's manifesto for rethinking gender*. Reino Unido: Profile Books Limited. ISBN: 1788160401, 9781788160407



Biografía

Vicente Fernández Rodríguez: Ciencia y Tecnología en el Guanajuato del Porfiriato

Juan Carlos Fonseca Mata

DiVU: Diversidad, cultura, género, alimentación y ciencia A.C.
CLUNI: DDC17040509R4Q www.divu.mx

fonseca_phonck@hotmail.com

I. Guanajuato, historia de minerales y positivismo

El estudio científico y el desarrollo tecnológico en nuestro país siempre estuvieron ligados a los eternos vaivenes de la política y sus irremediables ciclos de crisis y bonanza. El periodo del Porfiriato no fue la excepción, mucho menos en una región de la provincia mexicana como Guanajuato, tierra incrustada a mitad del territorio nacional: *Joya de la corona* a veces, olvidada a ratos; *Granero del país* en ocasiones, lugar de hambre y muerte ocasionalmente. La riqueza mineral hizo de Guanajuato una provincia novohispana sumamente rica.

En el último periodo de la colonia (1766 - 1809) se experimentó una prosperidad minera sin precedentes, siendo la plata de la mina de la Valenciana la principal fuente de riqueza de la región. Tras la Independencia la industria decayó y las principales minas quedaron inundadas e inutilizables, para la Guerra de reforma y la Intervención francesa las cosas no habían mejorado, el estado se convirtió en un territorio periférico de la nueva República y sus pintorescos pueblos, otrora prósperos, en ruinas fantasmagóricas.

I.I Augusto Comte en la calle de Cantarranas

Tras la intervención francesa, el presidente Juárez procuró la defensa de la Constitución de 1857, la cual tenía entre sus pilares la educación gratuita, laica y obligatoria. En ese tiempo la ciudad de Guanajuato contaba entre sus habitantes con el célebre médico y filósofo poblano Gabino Barreda, quien fuera estudiante del mismísimo Augusto Comte y quien fuera de los primeros pensadores mexicanos en traer consigo la filosofía del positivismo desde Europa.

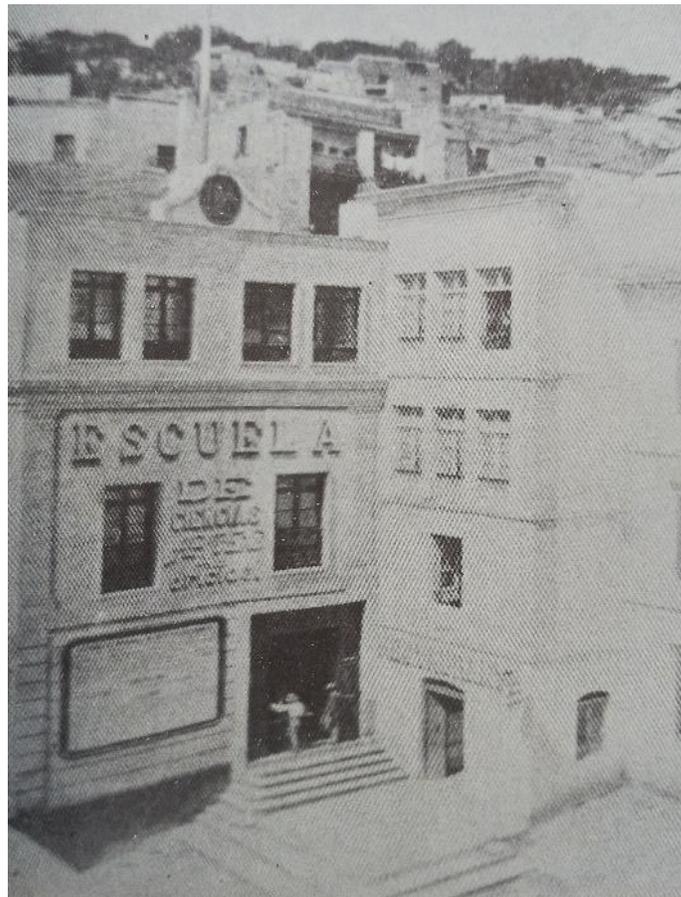
En el teatro principal, de la calle Cantarranas de la capital guanajuatense, Barreda pronunció un discurso de vital relevancia para la historia de la ciencia mexicana, la Oración Cívica, síntesis del pensamiento positivista internacional: el pensamiento científico debe sustituir al escolástico, el método científico debe prevalecer sobre el principio de autoridad de la Biblia.

Uno de los principales faros de actividad intelectual y artística del Bajío de finales del siglo XIX era *El Colegio del Estado de Guanajuato* (hoy Universidad de Guanajuato), centro formador de abogados, médicos, ingenieros, farmacéuticos, naturalistas y escribanos. Sus profesores mantenían íntimo contacto y colaboración con proyectos de importantes sociedades científicas nacionales como la Sociedad Mexicana de Historia Natural (editora de la revista *La Naturaleza*), la Sociedad Científica Antonio Alzate (véase su biografía en el número 30 de esta revista) y la Sociedad Mexicana de Historia y Geografía.

I.II Trenes, vapor y electricidad

Tras el fin de la República restaurada, al mando de Lerdo de Tejada, y la entrada de Porfirio Díaz al poder, el destino de la ciencia guanajuatense entra en una fase de prosperidad, principalmente por el regreso de la bonanza minera debida a la inversión extranjera en las minas de la región.

Fue un científico –y político– guanajuatense, Lucas Alamán (discípulo del descubridor del vanadio, Andrés Manuel del Río) quien logró que se establecieran en la capital del estado, en Celaya, León y en Querétaro, compañías mineras, de textiles y litográficas.



En el campo tecnológico, la construcción en 1877 del tramo Celaya - León del ferrocarril fue un parteaguas de la aplicación del método científico y la filosofía positivista de Comte con la institucionalización de la práctica científica como un asunto de interés social. Posteriormente, el ferrocarril conectó toda la región centro y occidente del país con las fronteras y los puertos marítimos.

A finales del siglo XIX el estado de Guanajuato ya contaba con centrales eléctricas (destaca *The Guanajuato Power and Electric Company*, con sede en la ciudad de Nueva York), telegráficas y telefónicas, caminos resistentes y duraderos diseñados por ingenieros civiles y máquinas de vapor que extraían agua de minas inundadas desde la época de la Independencia.

II. Vida y obra de Vicente Fernández Rodríguez

Silao es una pequeña localidad del Bajío guanajuatense, históricamente agrícola, hoy eminentemente industrial, muy cercana a la ciudad de Guanajuato. En este pueblo nació Vicente Fernández Rodríguez el 4 de abril de 1836, quien quedara huérfano de ambos padres a temprana edad y posteriormente, despojado de su herencia, fue criado junto a su hermano José por unas tías políticas en una casa de la calle Positos, de Guanajuato capital.

Al vivir en mala situación económica, el joven Vicente encuentra trabajo en la botica *La Cruz Verde*, cuyo consultorio era atendido por el célebre médico, botánico y zoólogo Alfredo Dugès. Su trabajo en el laboratorio farmacéutico, preparando soluciones, ungüentos, tabletas y tónicos, despertaron gran interés en el joven por la ciencia, especialmente por la química.

Fernández Rodríguez estudió Física, Química y Farmacia, informalmente, de la mano de Dugès y de su vecino de la calle Positos, el profesor Demetrio Montesdeoca. Presentó exámenes a título de suficiencia en El Colegio del Estado, teniendo tal éxito que se convirtió en profesor de Química y análisis químico de tan renombrada institución. Realizó estudios de Medicina, aunque no pudo concluirlos por meras cuestiones económicas.

La innovación tecnológica se convirtió en política pública durante el Porfiriato, las ideas positivistas imperaban en los círculos académicos mexicanos. Este ambiente propició la curiosidad y talento inventivo del, en aquel tiempo, joven Vicente Fernández Rodríguez.

II.1 Farmacia: el primer contacto con la Química

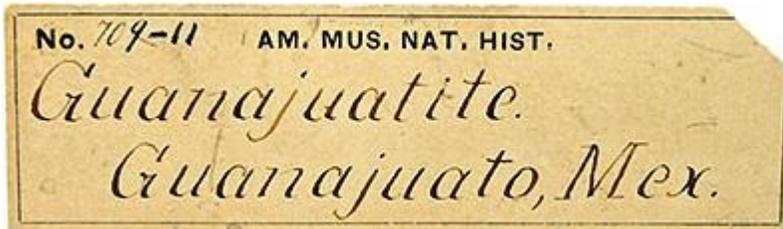
La farmacia de *La Cruz Verde* se encontraba a unos pasos del Jardín de la Unión, en el corazón de la ciudad de Guanajuato. Su laboratorio era el principal recinto donde se preparaban medicamentos que los médicos prescribían para los diferentes males. Vicente vivió estos años rodeado de polvos, tinturas, soluciones, hierbas medicinales, extractos y minerales; de frascos, morteros, matraces y alambiques.



Como preparador, tenía que seguir al pie de la letra las fórmulas, atendiendo las propiedades fisicoquímicas y dosificaciones de sus productos. Este primer acercamiento a la ciencia maravilló a Vicente, preparándolo para su futuro como científico e inventor.

II.II Mineralogía: guanajuatita y silaonita

En el área de la mineralogía, Vicente analizó muestras de diversas minas de la región. Un espécimen de color gris azulado y lustre metálico, proveniente de la Sierra de Santa Rosa, llamó su atención. Con ayuda del también silaoense Severo Navia, logró determinar la composición química de este mineral: Bi_2Se_3 , al que llamó *guanajuatita* en 1873. Ese mismo año analizó otro mineral de la mina Santa Catarina, de la Sierra de Santa Rosa; determinó que se trataba de un subseleniuro de bismuto, al que llamo *silaonita*, en honor a su pueblo natal.



II.III Fotografía: el arte químico

El daguerrotipo, la primera técnica fotográfica conocida, fue introducida en México por viajeros europeos cuyo objetivo era documentar la vida mexicana por medio de imágenes. Las primeras fotografías de la ciudad de Guanajuato fueron realizadas por tres extranjeros: Balbontín, Halsey y Jacobi, quienes introdujeron la teoría y la técnica fotográfica en la ciudad. Los daguerrotipos se obtenían empleando placas de colodión húmedo (nitrocelulosa en una mezcla de éter y etanol). La preparación previa consistía en colocar el colodión sobre placas de vidrio pulido, una vez evaporado el éter se sumergía en una solución de nitrato de plata para hacerlas sensibles a la luz, entonces se tomaba la foto, se llevaba al cuarto oscuro y se revelaba. Fernández tradujo del francés diversos libros de fotografía y realizó varios manuales explicando la teoría química detrás de la fotografía. Romualdo García, célebre fotógrafo guanajuatense, fue alumno de Fernández Rodríguez en esta materia.



II.IV Análisis químico al servicio de la sociedad

Fernández realizó análisis químicos de interés social, como los de agua potable, vinos, amalgamados mineros, desechos de las minas, análisis clínicos y toxicológicos. Fue el primero en describir escrupulosamente las reacciones químicas del método de amalgamación de las minas de plata, el cual es un proceso de diferentes reacciones químicas efectuado en las menas con el fin de recuperar la mayor cantidad de plata posible. Diódoro Antúnez Echegaray, en referencia a los trabajos de Fernández, proclamó que “era en Guanajuato donde con más perfección se hacía y en que se había formulado una teoría científica del beneficio que explicaba las reacciones químicas que ocurrían en él”.

Vicente empleó sus conocimientos en química para determinar la calidad del mezcal consumido en la localidad; fue el encargado en determinar la potabilidad del agua de la presa La Esperanza, cuyas aguas se siguen aprovechando en la actualidad, e incluso ayudó a resolver casos de homicidio donde se empleó cianuro, mediante el análisis de vísceras, sangre y orina.

II.V Taxidermia: ornitología mexicana

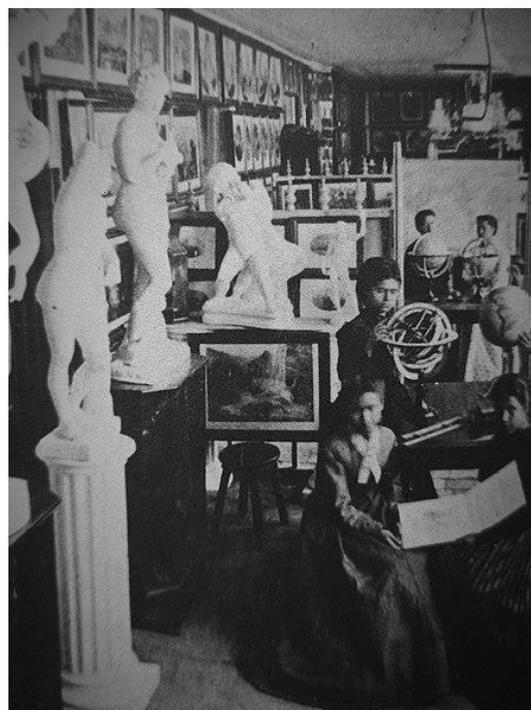
La taxidermia llamó la atención de Vicente Fernández Rodríguez, debido al contacto que tuvo con el naturalista Alfredo Dugès. Se especializó en preparar aves para la colección del Museo de Historia Natural del Colegio del Estado para las cátedras de zoología. Entre las piezas preparadas y firmadas por Fernández, aún conservadas por la Universidad de Guanajuato, se encuentran al Cardenal norteño (*Cardinalis cardinalis*), el Azulejo garganta azul (*Sialia mexicana*) y la Collalba (*Oenanthe heuglini*).

II.VI Meteorología: beneficio de científicos y agricultores

En la azotea del Colegio del Estado, Fernández instaló el primer observatorio meteorológico de Guanajuato, el 15 de marzo de 1880. A través de sus observaciones y mediciones pudo prever las variaciones climáticas, temporadas de sequía o lluvias atípicas. Así, las personas de la ciudad y los agricultores de las cercanías podían tomar sus precauciones. Sus hallazgos eran enviados al Observatorio Central del Ministerio de Fomento en la Ciudad de México y publicados en gacetas meteorológicas de Washington, Londres, París, Roma y Nápoles, significando para Guanajuato su apertura al mundo científico fuera de nuestras fronteras.

II.VII Inventos: el ingenio silaoense

Vicente vivía en la calle Positos, cerca del callejón de La Galarza, desde ahí logró comunicarse por medio de un teléfono de su invención con su maestro Montesdeoca, aproximadamente a trescientos metros de su ventana. Este teléfono rudimentario constaba de dos recipientes unidos por un filamento metálico. Otros inventos que logró desarrollar fueron un micrófono y un aparato de energía solar que sacaba agua de los pozos. En 1891 patentó en Estados Unidos una máquina para bordar.



II. VIII Final

Vicente comenzó a padecer del corazón a finales de 1888, por lo que tuvo que ausentarse de su actividad en el colegio hasta tener que retirarse definitivamente a finales de los años noventa del siglo XIX. Regresó a vivir a Silao, en su casa instaló un pequeño laboratorio donde pasó sus últimos días, murió el 23 de abril de 1901.

La actividad de este científico inspiró a generaciones de estudiantes de este pequeño rincón de la provincia mexicana, esperemos que lo siga haciendo en el futuro. Es nuestro deber rescatar, apreciar y difundir el trabajo científico de nuestra tierra: que el legado científico mexicano permanezca en el tiempo y para siempre, como las fotografías de Vicente Fernández Rodríguez de la ciudad de Guanajuato.



Referencias

- Barreda, G. (1973). Estudios (2ª ed.) Ciudad de México: UNAM.
- Debroise, O. (2001). Suite: a history of photography in Mexico. Austin: University of Texas Press.
- González Leal, M. (1974). Dos ilustres silaoenses (1ª ed.) Guanajuato: Gobierno del Estado de Guanajuato.
- Jáuregui de Cervantes, A. (1999). Un científico del Porfiriato guanajuatense: Vicente Fernández Rodríguez (1ª ed.) Guanajuato: Ediciones La Rana.
- Rionda Arreguín, L. et al (1994). El Porfirismo en Guanajuato. Guanajuato: Centro de Investigaciones Humanísticas UG.
- Zea, L. (1978). El positivismo en México. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.



Noticias

Zinc y Covid;
agujeros
negros;

autoensamblaje de la cápside viral como blanco terapéutico, y una más de superconductividad a temperatura ambiente

El Zinc podría ayudar a combatir el virus SARS-CoV2

Por: Marisol González Garnica

Diferentes estudios afirman que el nivel de zinc en la sangre humana juega un papel importante para contrarrestar al COVID-19. Los resultados compartidos por investigadores reportan que los pacientes hospitalizados con diagnóstico de COVID-19 (y que presentan niveles bajos de zinc en sangre) tienden a tener peores resultados que aquellos con niveles más saludables y que, además, se correlacionan con una mayor inflamación en el curso de la infección.

Durante mucho tiempo se pensó que el zinc podría actuar como un refuerzo del sistema inmunológico. A esto se planteó una posible explicación, y es que el zinc puede tener un efecto antiinflamatorio protector.

Otro de los resultados que apoya esta teoría es que los pacientes fallecidos a causa de COVID-19 reportaron niveles de zinc promedio más bajos, comparados con aquellos que se recuperaron. Además, altos niveles de zinc en sangre se relacionan con niveles más bajos de proteínas proinflamatorias, cuando los pacientes estaban infectados.

En general, y después de ajustar factores como la edad, el sexo, la gravedad de la enfermedad y los tratamientos recibidos, cada unidad de aumento de zinc en la sangre se vinculó con una reducción del 7 % de las probabilidades de que un paciente muriera mientras estaba en el hospital.

Los logros publicados no pudieron probar Causa y Efecto, dado que el grupo de estudio era relativamente pequeño, por lo que se necesitan más estudios para evaluar el impacto terapéutico de los resultados.

Tres expertos en agujeros negros ganan Premio Nobel de Física 2020

Por: Maricela Zapata Arroyo

El Premio Nobel de Física de 2020 estuvo relacionado con "los secretos más oscuros del universo"

La Real Academia de las Ciencias de Suecia, en Estocolmo, anunció que el británico Roger Penrose, el alemán **Reinhard Genzel** y la estadounidense **Andrea Ghez** obtuvieron el Nobel de Física 2020 por sus descubrimientos sobre los agujeros negros y su relación con la Teoría de la Relatividad.



El jurado explicó que la mitad del premio le corresponde a Penrose, por demostrar "que la formación de un agujero negro es una consecuencia directa de la **teoría general de la relatividad** de Albert Einstein.

Mientras que la otra mitad del premio es compartido por Genzel y Ghez por el descubrimiento de "un objeto compacto y extremadamente pesado en el centro de nuestra galaxia", la Vía Láctea.

Un gran avance más allá de Einstein

Los agujeros negros son áreas del espacio donde la gravedad es tan fuerte que ni siquiera la luz puede escapar de ella

"La historia de los agujeros negros se remonta a finales del siglo XVIII. Luego, a través de la teoría de **la relatividad de Einstein**, tuvimos las herramientas para describir estos objetos de verdad", dijo Ulf Danielsson, quien es miembro del Comité Nobel.

Pero las matemáticas de estos objetos eran increíblemente complicadas de entender, y muchos investigadores creían que no eran más que artefactos matemáticos que existían solo en papel. Los investigadores tardaron varias décadas en darse cuenta de que sí podían existir en el mundo real.

Roger Penrose "Entendió las matemáticas, introdujo nuevas herramientas y luego pudo demostrar que se trata de un proceso que naturalmente se puede esperar que suceda: que una estrella colapse y se convierta en un agujero negro".

Los agujeros negros dirigen los movimientos de las estrellas

Usando como guía las órbitas de las estrellas, Genzel y Ghez llegaron a la evidencia más convincente hasta el momento de la existencia de un agujero negro supermasivo en el centro de la Vía Láctea.



SCIENCE PHOTO LIBRARY. El agujero negro supermasivo en el centro de la Vía Láctea es conocido como Sagitario A* (Sgr A*).

Aunque no podemos ver el agujero negro, es posible establecer sus propiedades observando cómo su colosal gravedad **dirige los movimientos de todas las estrellas y cuerpos circundantes**.

Descubrieron que este enorme objeto, conocido como **Sagitario A*** (Sgr A*), hace que las estrellas que lo orbitan se muevan a velocidades asombrosas.

Genzel y Ghez utilizaron los telescopios más grandes del mundo para observar a través de las enormes nubes de gas interestelar el centro de la Vía Láctea.

Referencias

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-54433515>

Cuando el total es mayor que la suma de los componentes: el autoensamblaje de la cápside viral como blanco terapéutico

Por: Juliana Rincón López y Yareli Rojas Aguirre

Definir la naturaleza propia de los virus es una tarea que se complica a medida que, palabras que normalmente se emplean para describir sistemas biológicos como 'organismo', se interponen en nuestro camino. Por esto, en algún momento, se propuso definir a los virus a través de las propiedades intrínsecas, representativas y únicas de ellos. Estas propiedades se centran en su capacidad de armarse y desarmarse a partir de sus partes: proceso conocido como autoensamblaje (Wolkowicz et al., 2008).

Para resolver, pieza por pieza, el rompecabezas que conforma el proceso de autoensamblaje de nanoestructuras, se requiere un trabajo sinérgico entre diversas áreas integrando datos bioquímicos, técnicas de microscopía y cálculos complejos; los cuales podrían esclarecer las condiciones fisicoquímicas que permiten la formación de una estructura supramolecular unida por interacciones no covalentes. Tal es el caso de los virus, que emergen de la conexión entre cada uno de sus componentes estructurales, y por lo que, incluso, se les ha llamado Nanomáquinas *non plus ultra* (Chaudhary et al., 2019).

Así, la comprensión profunda de este fenómeno permitiría: 1) la alteración del proceso de autoensamblaje como mecanismo antiviral; 2) el desarrollo de sistemas autoensamblables para la liberación controlada de fármacos (Howes, 2020).

La formación de la cápside es un proceso esencial y transversal a todos los virus, ya que protege (como un almacén) al material genético contenido. La forma, tamaño y componentes de la cápside establecen los procesos de infección de un virus.

Durante el ensamblaje de la cápside ocurren los procesos típicos del autoensamblaje que se pueden simplificar en: identificación de los componentes estructurales (auto reconocimiento), interacciones no covalentes, formación de una estructura jerárquica tridimensional y la autorreparación (Perlmutter et al., 2015). De esta manera, el autoensamblaje puede considerarse como un blanco terapéutico en el desarrollo de agentes antivirales, ya que la desestabilización de las interacciones que mantienen unida a la estructura permitiría perturbarla e inhibirla.

Además, se ha demostrado que la estructura supramolecular viral puede ser perturbada por pequeñas moléculas en las etapas de la infección y replicación, por lo que cualquier desbalance en las interacciones que mantienen la conformación viral puede bloquear la entrada del virus a la célula anfitriona y evitar que el material genético se libere (Fu et al., 2019; Perilla et al., 2016).

En 2006, Gilead Sciences inició un proyecto de búsqueda de moléculas que interrumpiera el autoensamblaje de la cápside del VIH. Se estudiaron numerosos compuestos y luego de once años de investigación encontraron al Lenacapavir, un candidato a fármaco que ya se encuentra en pruebas clínicas (Gilead Sciences, 2020). Esta molécula interactúa electrostáticamente con la cápside, altera su ensamblaje e inhibe el proceso por el cual el ADN viral ingresa al núcleo celular.

Aunque aún faltan aspectos fundamentales por comprender, la exhaustiva investigación que se lleva a cabo hoy en día sobre los virus desde diferentes aristas, permitirá un avance significativo que conduzca al desarrollo de fármacos con innovadores mecanismos de acción que representen una alternativa para afrontar los retos que se viven hoy en día con la infección causada por SARS-CoV-2.

Referencias

- Chaudhary, A., & Yadav, R. D. (2019). A review on virus protein self-assembly. *Journal of Nanoparticle Research*, 21(11). doi: 10.1007/s11051-019-4669-0
- Fu, D. Y., Xue, Y. R., Yu, X., & Wu, Y. (2019). Anti-virus reagents targeting the capsid protein assembly. *Journal of Materials Chemistry B*, 7(21), 3331–3340. doi: 10.1039/c8tb02954g
- Gilead Sciences, I. (2020). *Gilead Announces Investigational Long-Acting HIV-1 Capsid Inhibitor, Lenacapavir, Achieves Primary Endpoint in Phase 2/3 Study in Heavily Treatment-Experienced People Living With HIV.*
- Howes, L. (2020). Lessons learned from watching viruses assemble. *Chemical & Engineering News*.
- Perilla, J. R., Hadden, J. A., Goh, B. C., Mayne, C. G., & Schulten, K. (2016). All-Atom Molecular Dynamics of Virus Capsids as Drug Targets. *Journal of Physical Chemistry Letters*, 7(10), 1836–1844. doi: 10.1021/acs.jpcllett.6b00517
- Perlmutter, J. D., & Hagan, M. F. (2015). Mechanisms of virus assembly. *Annual Review of Physical Chemistry*, 66, 217–239. doi: 10.1146/annurev-physchem-040214-121637
- Wolkowicz, R., & Schaechter, M. (2008). What makes a virus a virus? *Nature Reviews Microbiology*, 6(8), 643. doi: 10.1038/nrmicro1858-cl

Superconductividad a temperatura ambiente

Por: Francisco Morales Leal

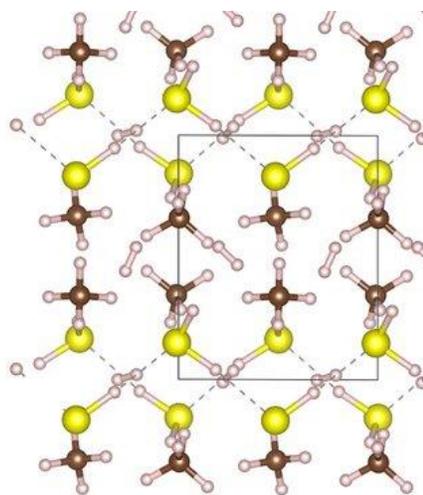
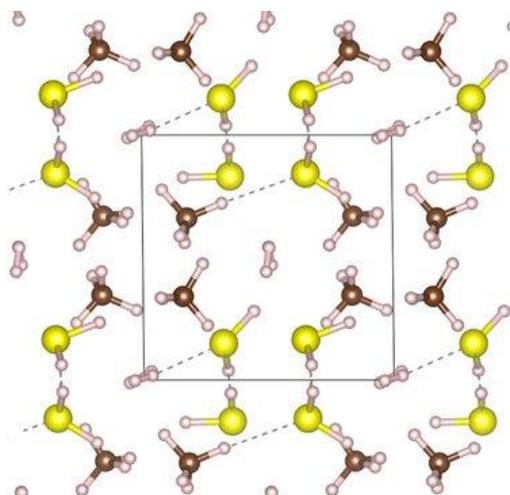
El número 26 de la Revista Materiales Avanzados publicó la noticia del descubrimiento de un superconductor, con temperatura de transición al estado superconductor de 203 K (276 °C) cuando es sometido a una presión de 200 GPa. El material en cuestión se identificó como H₃S. Un paso más en la obtención de un superconductor a temperatura ambiente se dio el pasado 14 de octubre de 2020, cuando se publicó un artículo en la revista Nature, en donde se reportó un superconductor a temperatura ambiente.

El material está formado de carbono, azufre e hidrógeno y su síntesis se realizó mediante un proceso fotoquímico con la muestra sometida a presión. Inicialmente, se colocaron polvos muy finos de azufre y de carbono en una celda de diamante. Después se introdujo hidrógeno gaseoso con el objetivo de que fuera el medio transmisor de la presión. Una vez que los tres elementos mencionados se encuentran en la celda de diamante y sometidos a presión, se exponen a la luz de un láser por varias horas. La determinación de la estructura cristalina y de la estequiometría de este superconductor está pendiente.

Las características superconductoras se determinaron mediante medidas de resistencia eléctrica y susceptibilidad magnética AC. Las medidas de resistencia en función de la temperatura fueron obtenidas cuando la muestra se encontraba sometida a una presión de 267 GPa y muestran una disminución de la resistencia hasta cero Ohms a una temperatura de 287.7 K (aproximadamente 14.5°C), temperatura de transición al estado superconductor.

A la misma presión, la muestra se sometió a un campo magnético, lo cual produjo una disminución de la temperatura de transición conforme se incrementó el campo magnético, comportamiento típico en un superconductor. De estas mediciones se determinó el campo crítico superior, de donde se extrapoló que el campo crítico superior de este superconductor es de alrededor de 62 Tesla. Las medidas magnéticas muestran que el material es diamagnético, sin embargo, el límite de presión hasta el cual fue experimentalmente posible medir la susceptibilidad fue de 200 GPa, en donde la temperatura de transición al estado superconductor es de aproximadamente 200 K.

Es claro que las posibles aplicaciones de este superconductor (compuesto de carbono, azufre e hidrógeno) aún son lejanas. Sin embargo, el reporte de este superconductor representa un paso adelante en el descubrimiento de más y mejores superconductores a temperatura ambiente. Los detalles de esta investigación se encuentran reportados en: E. Snider, *et al.*, Nature **586**, 373 (2020).



Construcción de nanoalambres helicoidales ensamblando enormes jaulas supramoleculares

Por: Estrella Ramos

Las espirales son comunes en la naturaleza, y los arreglos en espiral de algunas plantas –como los de la superficie de una piña– pueden ser descritos como patrones matemáticos. Dichos patrones dirigen muchas formas de la naturaleza, hay numerosos ejemplos de sistemas en forma de fractales, sucesiones de Fibonacci, patrones que siguen el número áureo y que dan lugar a muy bellas formas. Reproducir patrones espirales en moléculas o inventar moléculas que exhiban nuevos tipos de “espiralidad” ha resultado complicado para las personas dedicadas a la Química, hasta ahora...

Un equipo de la Universidad de Shenzhen (China) construyó grandes jaulas (cubooctaedros truncados). Mediante una técnica conocida como autoensamblado, construyeron nanoalambres helicoidales. Estos arreglos supramoleculares de aproximadamente 6 nm de diámetro constituyen un ejemplo de una de las más grandes nanojaulas que se ha logrado construir. El equipo de investigadores, dirigido por Xiaopeng Li, comenzó construyendo esferas gigantes a partir de ligandos de porfirina, zinc y platino. Estas jaulas gigantes primero se autoensamblan en esferas, que se empaquetan espontáneamente en nanoalambres helicoidales largos. Las espirales de estas esferas resultantes exhiben una “espiralidad” única.

El equipo transfirió los nanoalambres helicoidales a diferentes superficies para su análisis. Los nanoalambres son conductores y estables, y podrían encontrar un uso futuro en dispositivos electrónicos. Su creador también espera que este trabajo conduzca a una comprensión más profunda del complejo fenómeno del autoensamblado molecular.

En la imagen: Modelo molecular de porfirina (en color amarillo) enlazadas a átomos de zinc y platino (en colores azul y lila, respectivamente), formando un cubooctaedro truncado (nanojaula). Esta nanojaula se sintetiza por un método conocido como autoensamblado. (En medio) las nanojaulas son representadas como cuerpos sólidos que se unen mediante fuerzas de interacción débiles, formando un nanoalambre. La imagen de la derecha se obtuvo con un microscopio de efecto túnel. Tomadas del artículo en las referencias.

Referencias

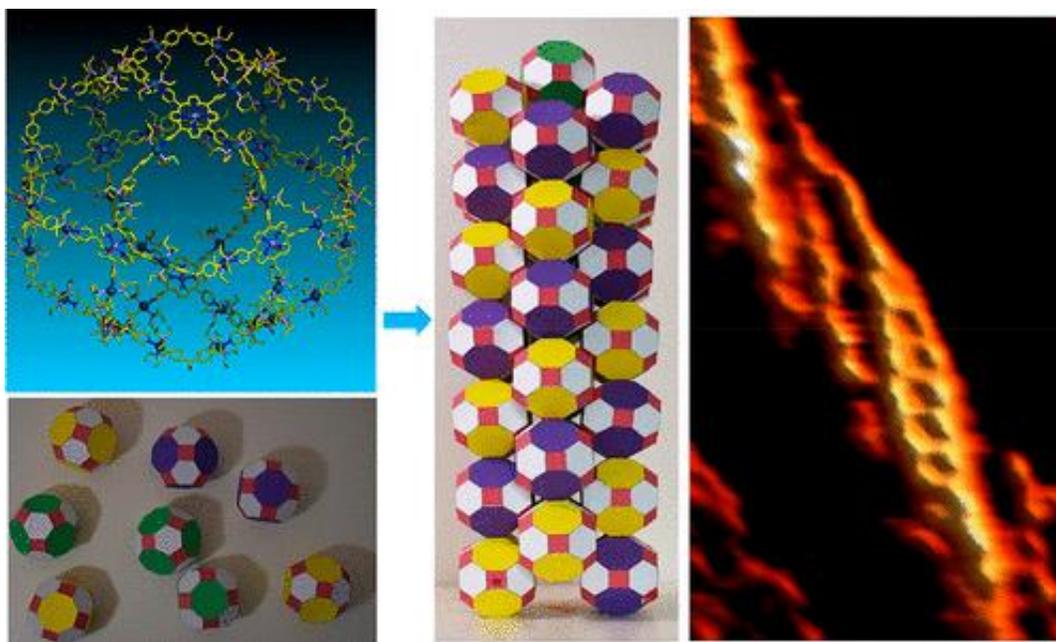
J. Am. Chem. Soc. 2021, 143, 15, 5826–5835

DOI: 10.1021 / jacs.1c00625.

Chemical & Engineering News, ISSN 0009-2347, [Laura Howes](#),

April 22, 2021 | A version of this story appeared in [Volume 99, Issue 15](#)

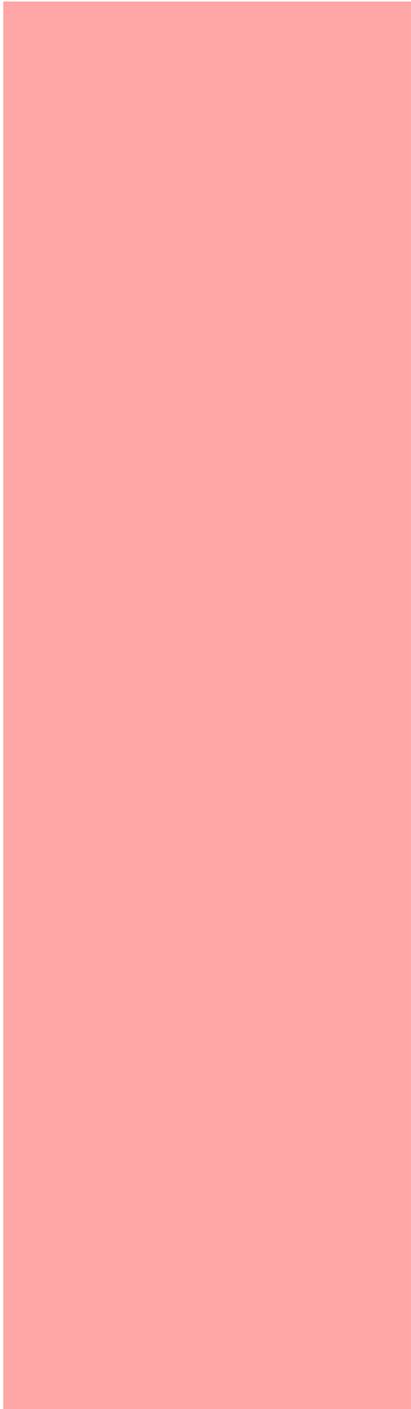
<https://cen.acs.org/materials/nanomaterials/Self-assembling-twisted-nanowires/99/i15>







Artículos



¿Puede el cobre prevenir infectarse de coronavirus?

Gabriel Torres Villaseñor

Instituto de Investigaciones en Materiales,
Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX

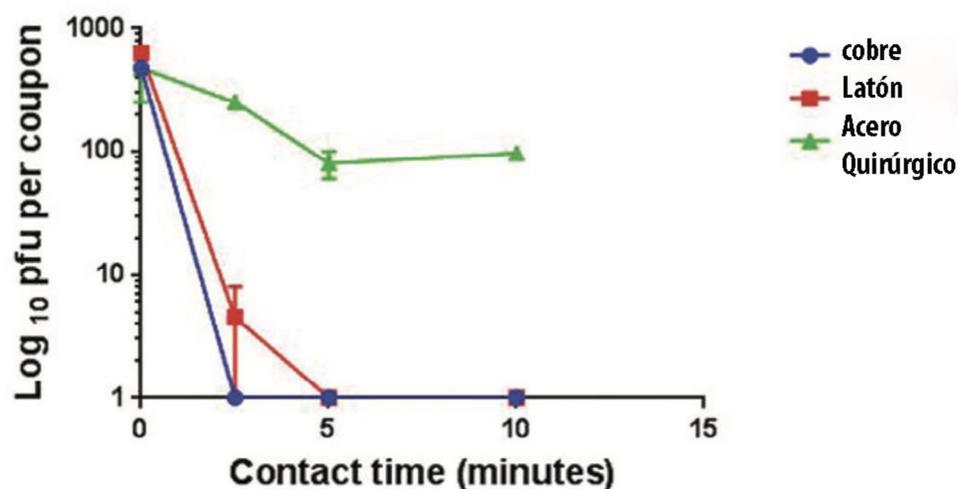
gtorres@unam.mx

Recientes investigaciones realizadas por el Dr. Harold Michels mostraron que la vida del coronavirus es de tres días en superficies plásticas y de acero inoxidable (*Advanced Materials and Processes*, may/june 2020, 178 (4) p. 21); en cambio, después de tan solo cuatro horas en superficies de cobre, no se hallaron rastros del virus. Las propiedades del cobre para prevenir infecciones son conocidas desde la antigüedad. En un papiro egipcio de hace 3 700 años (Papiro Smith) se menciona que el cobre era utilizado –con buenos resultados– como agente para evitar infecciones. Hipócrates recomendaba el cobre para tratar las úlceras en las piernas.

Dando un vistazo al cobre como metal asociado a la salud humana, nos encontramos frente a varias propiedades conocidas, una de ellas es su propiedad bactericida, muy bien conocida por el Padre de la Medicina, Hipócrates.

El contacto con una superficie de cobre mata a las bacterias de *E. coli* en un periodo de entre 1 y 2 horas. En comparación, estas bacterias pueden sobrevivir durante semanas sobre acero inoxidable quirúrgico.

También se ha observado que la plata, que está en la misma columna de la Tabla periódica, presenta las mismas propiedades antibacterianas. Las bacterias dependen de metales como el hierro y el calcio para obtener la energía que necesitan para sobrevivir. El cobre en cambio es un metal que no solo no las alimenta, sino que las elimina y destruye de forma rápida y efectiva. El mismo efecto lo podemos observar en aleaciones de cobre con estaño (bronce) y aleaciones de cobre con zinc (latón). Por tanto, el cobre y sus aleaciones pueden presumir de tener propiedades antibacterianas, antivirales y antifúngicas.



Tiempos de desactivación del coronavirus por superficies de cobre, latón y acero inoxidable (Harold T. Michels et. al.).

¿Cómo actúa el cobre?

Los antiguos usos medicinales del cobre se basaban en observaciones, pero comprender cómo actúa este metal requirió siglos de avances científicos. El cobre tiene, en la órbita exterior de sus átomos, un electrón libre que puede reaccionar fácilmente. Esta peculiaridad podría explicar cómo el cobre **ataca a los patógenos** en varios frentes.

Los iones o partículas con carga eléctrica de este elemento generan, en primer lugar, una especie de “ataque” contra la membrana exterior de los microbios, causando rupturas en la misma. Una vez rota esa membrana, los iones **destruyen el material genético en el interior del patógeno**.

Básicamente, el cobre genera radicales libres que dañan el ADN o el ARN de las bacterias o virus, impidiéndoles replicarse.

Ese ataque en varios frentes explica por qué, a pesar de que el cobre ha sido utilizado durante miles de años con estos fines, **los microorganismos no han podido desarrollar estrategias para defenderse**. Es muy difícil que se genere resistencia contra un producto que tiene demasiados efectos sobre el microorganismo, mismo que tendría que modificar demasiados sitios susceptibles de ser afectados por la acción del cobre para volverse resistente.

El cobre (Cu) es un oligoelemento esencial para los seres humanos. Se absorbe en el intestino delgado y aparece rápidamente en la circulación. En la sangre, el Cu se distribuye en el plasma por medio de asociaciones con proteínas plasmáticas más grandes, una fracción intercambiable de complejos de cobre de bajo peso molecular y un conjunto de glóbulos rojos que es parcialmente no intercambiable. Este elemento juega un papel importante en la función y el mantenimiento del sistema inmunológico humano.

En el periodo 2008 - 2010, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) registró 282 aleaciones de cobre que tienen la capacidad de eliminar bacterias (a las pocas horas y sin marcha atrás). El cobre también ha demostrado capacidad para destruir virus de gran importancia médica, entre ellos el Virus de la influenza tipo A y el Virus de Inmunodeficiencia Humana, VIH.

El cobre “sale” de su estructura metálica en bulto bajo la forma de cationes (Cu^+ o Cu^{2+}), que son los iones positivos que se introducen en las bacterias. Primero se forma una capa de óxido cuproso sobre la superficie del material, en la medida que esta crezca irá liberando los cationes. Lo que interesa entonces conocer son las condiciones y los materiales que faciliten (o dificulten) la salida de esta *pequeña bomba* ávida de electrones para aparearse. Sabemos, por ejemplo, que el efecto es mayor si el cobre está deformado.

El cobre deformado presenta una gran cantidad de dislocaciones que, al intersectar la superficie, facilitan su corrosión (y, por tanto, la escapatoria de cationes de cobre que promueven la capacidad bactericida). Las dislocaciones tienen en su centro átomos con un menor número de vecinos próximos que reducen las fuerzas de enlace, es por eso que son más fáciles de separar del resto de los átomos.

El acero inoxidable brillante (*Stainless steel*) que es utilizado en instrumentos quirúrgicos podrá verse *siempre limpio* en apariencia, pero este material no es capaz de matar a las bacterias. Esto se debe a que este tipo de acero (al igual que el aluminio) forma una capa protectora de óxido que impide el flujo de iones –del metal hacia el exterior– deteniendo así la corrosión. El proceso de oxidación es prácticamente instantáneo, a diferencia del cobre o la plata (que también forman una capa protectora pero muy lentamente). En algunos casos el cobre metálico y sus aleaciones parecen tener una superficie manchada o “ensuciarse” con distintas tonalidades; no obstante, siguen eliminando bacterias.

Un elemento crucial en la actividad antibacteriana es, como ya dijimos, la capacidad del cobre para ceder y aceptar electrones en un proceso continuo. Algunos estudios sugieren que el cobre, en concentraciones elevadas, tiene un efecto tóxico sobre las bacterias debido a la liberación de radicales de hidróperóxido. Los iones de cobre podrían, potencialmente, sustituir algunos otros iones que son esenciales para el metabolismo bacteriano (tales como el hierro).

Primero interferirían en la función de la membrana celular y luego, a nivel del citoplasma, alterarían la síntesis proteica (ya sea inhibiendo la formación de nuevas proteínas o provocando la síntesis de proteínas disfuncionales). Naturalmente, esto alteraría la actividad de varias de las enzimas esenciales para el metabolismo bacteriano.

Los mecanismos químicos y moleculares responsables de la capacidad antiviral del cobre todavía se están investigando, aunque existen ya varias teorías. Algunos de los mecanismos involucrados proponen que la actividad antiviral se debe a la inactivación de una enzima muy importante para la replicación viral (llamada proteasa), otros proponen que el daño generado se da a nivel de la envoltura fosfolipídica que recubre a algunos tipos de virus (Borkow G, *Antimicrob Agents Chemother* (2008) 52:518-25).

¿Y el coronavirus?

Una gran pregunta es: ¿Qué tan efectivo es el cobre para destruir al SARS-CoV-2, el virus que causa la COVID-19? Aún hay mucho por conocer sobre este nuevo virus. Un estudio publicado en marzo de 2020 en el *New England Journal of Medicine* (por la Universidad de Princeton, el Instituto Nacional de Alergias y Enfermedades Infecciosas de EE.UU. y otros centros) comprobó cuánto es que dura el virus en distintas superficies. En él **se menciona específicamente al cobre**: este estudio señala que el virus de SARS-CoV-2 desaparece después de **cuatro horas** sobre superficies de cobre, de acuerdo con los más recientes resultados mencionados al inicio de este documento.

Científicos de la Universidad de Northwestern, encabezados por **Mónica Olvera de la Cruz** (por cierto, científica mexicana que es además líder de esta investigación en la mencionada Universidad), hallaron que la proteína también conocida como “S” (la que se encuentra en los “cuernitos” del virus) es la responsable de permitir que el virus se incorpore a las células humanas.

Cuenta con un sitio conocido con el nombre de “sitio de escisión polibásico” (característico por su carga positiva), el cual logra una fuerte unión con las células de nuestro cuerpo, que están cargadas negativamente. Aprovechando este descubrimiento, podríamos pensar que los electrones liberados por el cobre (cuya carga es negativa) se unen al sitio de escisión de carga positiva del virus, bloqueando el punto e impidiendo que el virus se adhiera e infecte a la célula.

El descubrimiento, sin embargo, no implica que se haya encontrado la cura de la enfermedad que desde hace meses afecta a todo el mundo. Simplemente se trata de una manera de reducir la atracción entre la proteína de la espícula del virus que contiene la carga positiva y el receptor de la célula humana con carga negativa donde se adhiere el virus, provocando un posible bloqueo de la unión entre el virus y células humanas.

Avances actuales en el uso del Cu contra bacterias y el coronavirus

La implementación de cobre y sus aleaciones en las superficies de contacto dentro de los hospitales ha demostrado ser eficiente para reducir la carga bacteriana ambiental, cualidad que además se mantiene en el tiempo. Esto significa menor riesgo de transmisión de patógenos a los pacientes y debería considerarse como un buen complemento (junto con otras medidas estandarizadas para el control de infecciones). En los últimos años se ha hecho evidente que esto puede ayudar a disminuir los problemas de higiene, tal como afirma la Sociedad Americana de Microbiología (AEM).



Las superficies secas de cobre, en entornos de laboratorio y en ensayos hospitalarios controlados, han demostrado tener una gran eficacia de destrucción contra una amplia gama de microbios. Las nanopartículas de plata también son muy efectivas contra virus y bacterias.

“En promedio, las camas que utilizan cobre en sus partes metálicas albergaban hasta un 94 % menos bacterias que sus equivalentes plásticos”, y se mantuvieron con ese bajo nivel de riesgo a lo largo de la estadía de los pacientes en el hospital.

Los resultados obtenidos en hospitales chilenos han sido prometedores. En Chile se han diseñado cubrebocas con un entramado de alambres de cobre que detienen el paso del coronavirus y lo destruyen; también han desarrollado una crema con partículas nanométricas de cobre. Un ensayo estadounidense identificó las superficies más contaminadas dentro de las salas de hospitales y confirmó que las más "sucias" son las más cercanas a los pacientes: barandilla de la cama, mesa de la cama, los brazos de la silla de los acompañantes y el botón de llamada. En los hospitales, acciones como abrir puertas, tirar de los inodoros y abrir los grifos puede exponer a los pacientes, a los que trabajan allí y a los visitantes a superbacterias resistentes a los antibióticos (como el *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina).

Los estudios recientes, mencionados al principio de este artículo, indican que el cobre puede ser un *arma poderosa para combatir el COVID-19*. ¿Qué significa esto? El cobre ha demostrado ser eficaz en la lucha contra bacterias y contra el SARS-CoV-2. En concreto, ha demostrado una efectividad del 99.9 %, con dos a cuatro horas de estadía. Se trata de un metal que lo que produce es una "muerte por contacto" en las superficies metálicas que lo contienen. Este metal es capaz de matar de diez a cien millones de bacterias por minuto. Lo que los expertos destacan de este material es que es capaz de destruir, también, al ADN bacteriano (lo que impide que esta desarrolle resistencia).

Es la única superficie táctil de metal sólido que ha sido aprobada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) –quienes lo ha registrado como *el primer y único metal con propiedades antimicrobianas*–.

Desgraciadamente, el alto costo del cobre impide su uso generalizado. Una forma de reducir el costo es combinándolo con metales más baratos, como el acero inoxidable: el cobre es segregado por la matriz de acero, dejando precipitados de cobre en la superficie que no se protegen con la capa de óxido de cromo. De estos precipitados salen los iones de cobre requeridos para atacar a las bacterias o a los virus. A medida que algunas superficies de aleación de cobre sin recubrimiento envejecen pueden cambiar un poco de color, debido a la oxidación natural. Lo anterior no afecta su capacidad antimicrobiana: el desgaste de este material, e incluso la oxidación natural de algunas aleaciones de cobre, no afectan su eficacia. Este continúa siendo eficaz incluso después del uso, aunque, para que siga siendo efectivo, debe limpiarse con regularidad, como se haría con cualquier otro material.

Ciertamente, para atacar al coronavirus, no estoy diciendo que se ingiera cobre. Hay que tomar en cuenta que un exceso de cobre puede causar lesiones hepáticas y otras enfermedades. Según los resultados de la Dra. Olvera de la Cruz, no tienen que ser átomos de cobre, sino un vehículo que lleve una carga negativa y que se pueda introducir al cuerpo humano por inhalación, como nanopartículas de algún polímero que transporte cargas negativas, por ejemplo. En fin, este es un campo en el que la Ciencia de los Materiales podría tener un papel importante.

Aleaciones nanocrystalinas magnéticas suaves: propiedades y aplicaciones

Aida Miranda Cordero, Israel Betancourt

Instituto de Investigaciones en Materiales,
Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX

aida.mir.cor@gmail.com

Resumen

Las aleaciones nanocrystalinas poseen microestructuras de dimensiones nanométricas y han demostrado propiedades superiores y bastante atractivas para aplicaciones ingenieriles. Se han estudiado por años, y sus métodos de síntesis y caracterización se han analizado exhaustivamente. Escudriñar sus propiedades magnéticas ha permitido el desarrollo de *Materiales magnéticos suaves* que, a su vez, cuentan con una amplia gama de aplicaciones tecnológicas. En este trabajo presentamos las técnicas de procesamiento más comunes para la obtención de materiales magnéticos suaves nanocrystalinos, enfocado en los sistemas a base de hierro (Fe), así como un análisis detallado de sus propiedades magnéticas, mismas que se optimizaron con la microestructura nanocrystalina.

Introducción

Los materiales magnéticos se encuentran en numerosas actividades de nuestra vida diaria. Son componentes esenciales de productos tan diversos como, por ejemplo: los discos duros de nuestras computadoras (que almacenan información de

manera confiable), los imanes decorativos (que mantienen la lista de compras pegada a la puerta del refrigerador), las bicicletas eléctricas que aceleran nuestro viaje al trabajo e incluso los aerogeneradores que convierten la energía eólica en energía eléctrica. Mientras que los imanes permanentes retienen su magnetización, incluso bajo la influencia de estímulos magnéticos externos, los materiales magnéticos blandos pueden cambiar fácilmente su magnetización cuando las condiciones de un campo externo así lo impongan.

Los imanes permanentes requieren que su *ciclo de histéresis* sea lo más ancho posible, a fin de presentar un campo coercitivo grande (de más de 1000 Oe) para permitir el almacenamiento de energía en el material. Mientras más grande sea el H_c , hablamos de que el material “es más duro”, en términos magnéticos. Por el contrario, los *materiales magnéticos suaves* (o blandos) requieren un ciclo de histéresis estrecho. Esto implica un campo coercitivo muy bajo (de menos de 100 Oe) y, en consecuencia, el uso de menores cantidades de energía para magnetizar dicho material [1].

Mientras más bajo sea el valor de H_c , más suave será el material magnético. Algunas propiedades generales que son relevantes para el estudio de materiales magnéticos son:

- ✓ **Magnetización (M):** definida como la cantidad de momentos magnéticos presentes en el material por unidad de volumen (la magnetización de saturación M_s representa el valor máximo de M en un material).
- ✓ **Campo coercitivo (H_c):** la intensidad del campo aplicado H requerida para eliminar la magnetización de una muestra después de la saturación.
- ✓ **Inducción magnética B :** definida como la suma de las anteriores ($B = M + H$) [1-3].

La respuesta de los materiales magnéticos se puede representar en términos de la curva experimental de magnetización en función del campo aplicado, $M(H)$. Esta respuesta magnética conlleva una mezcla compleja de procesos, entre los que se encuentra el movimiento de la pared de dominio, la rotación de momentos magnéticos y las pérdidas por corrientes parásitas. Se pueden obtener varios parámetros clave de los materiales magnéticos blandos a partir de sus curvas de magnetización. Por ejemplo, la *susceptibilidad magnética* es definida como $\chi = \frac{M}{H}$ y la permeabilidad magnética relativa es definida como $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{B}{\mu_0 H} = (1 + \chi)$.

Tanto μ_r como χ son parámetros relacionados con cuánto campo magnético se requiere para cambiar la dirección de magnetización en una muestra. La **Figura 1** muestra la curva de magnetización, $M(H)$, para un material magnético blando. Se indican M_s , M_r , H_c y χ_i .

Existen también otras propiedades de los materiales magnéticos que son descriptores importantes. Una de ellas es la anisotropía (K) de un material magnético, que es la diferencia de energías entre las direcciones preferidas y no preferidas de magnetización dentro de un material. La anisotropía magnetocristalina es una propiedad intrínseca de los materiales y es determinada por su estructura cristalina y por el acoplamiento espín-órbita.

Aunque la anisotropía magnetocristalina se puede describir con expansiones en serie (con términos de muchos órdenes), la mayoría de las veces la constante de primer orden (K_1) es suficiente para los cálculos. La segunda propiedad es la magnetostricción (λ), que está relacionada con el cambio en las dimensiones de un material como función del campo magnético aplicado [3]. Finalmente, la temperatura de Curie (T_c) es la temperatura por encima de la cual un material pierde su orden magnético y se vuelve paramagnético. T_c es un parámetro importante para la electrónica de potencia y las máquinas eléctricas [1 - 3].

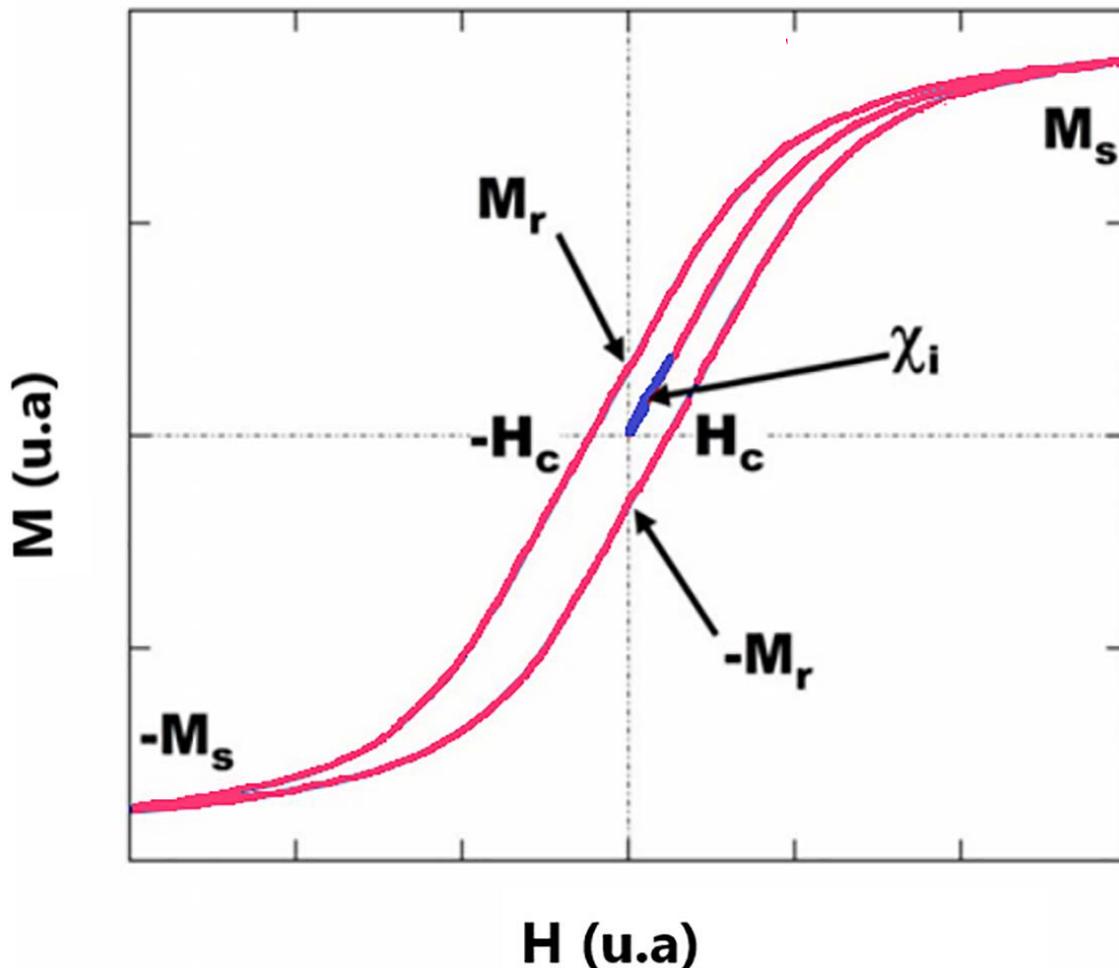


Figura 1. Curva de magnetización para un material magnético suave, $M(H)$. Se indican M_s , M_r , H_c y χ_i . Las unidades arbitrarias (u.a) se utilizan (para M y H) para ilustrar los diferentes parámetros magnéticos clave (adaptada de la ref. [52]).

Aleaciones nanocristalinas

Los materiales nanocristalinos son aquellos que poseen una microestructura que consiste en policristales monofásicos o multifásicos, con un tamaño promedio que es menor a 100 nanómetros (nm) en alguna de sus dimensiones. Para considerar un material como nanocristalino, no solo debe tenerse en cuenta la presencia de elementos estructurales a nanoescala, también es necesario saber de la influencia sobre las propiedades del material [4, 5].

Los materiales nanocristalinos pueden contener fases cristalinas, cuasicristalinas o amorfas y pueden ser metales, cerámicos o composites. También exhiben propiedades mecánicas e ingenieriles, a menudo superiores que los materiales con tamaños de grano micrométrico [6,7,8,9]. Los materiales nanométricos se han estudiado con gran interés debido a sus amplias y variadas aplicaciones basadas en su alta resistencia y excelente formabilidad, así como la versatilidad de sus propiedades electrónicas, ópticas y magnéticas [5, 6, 10, 11]. Esto se ha demostrado desde hace varios años con metales puros y sistemas simples, donde en comparación con sistemas de tamaños de grano grandes, se ha observado un incremento en las propiedades mencionadas anteriormente:

Tabla 1. Comparación de diferentes propiedades en sistemas con tamaños de grano del orden de nanómetros y micras.

Sistema	Material nano-cristalino	Grano grande (del orden de micras)	Propiedad	Ref.
Pd	250 MNm ⁻²	52 MNm ⁻²	Resistencia	[4]
Ni ₃ Al	690 MPa	414 MPa	Resistencia	[12]
FeSiB	11.8 GPa	6.2 GPa	Dureza	[5]
NiZr	6.5 GPa	6.8 GPa	Dureza	[5,13]
Fe ₇₈ B ₁₃ Si ₉	14.1 10 ⁻⁶ K ⁻¹	6.9 10 ⁻⁶ K ⁻¹	Coefficiente de expansión térmico	[4]
Ni-P	21.6 10 ⁻⁶ K ⁻¹	13.7 10 ⁻⁶ K ⁻¹	Coefficiente de expansión térmico	[4]
Cu	26 J mol ⁻¹ K ⁻¹	24 J mol ⁻¹ K ⁻¹	Calor específico	[4]
Pd	37 J mol ⁻¹ K ⁻¹	24 J mol ⁻¹ K ⁻¹	Calor específico	[4]

Técnicas de procesamiento

Existen diferentes técnicas para procesar materiales nanométricos y, con mayor o menor nivel de éxito, se utilizan para producir fases nanocristalinas en una gran variedad de materiales diversos.

Para metales (partiendo de un estado líquido) es necesario lograr altas velocidades de enfriamiento, esto con el objetivo de que exista un subenfriamiento lo suficientemente grande de la masa fundida como para poder generar muchos puntos de nucleación, y así inhibir el crecimiento. Con esto se puede alcanzar un refinamiento extremo en el tamaño de grano, una extensión de la solubilidad en estado sólido de un metal en otro, la formación de nuevas fases cristalinas metaestables, así como una reducción considerable de la microsegregación [4,14]. Se emplean las siguientes técnicas: *Melt spinning*, temple en agua, *die casting*, colada en molde de cobre, *cap cast*, colada por succión, *squeeze-Casting* y *arc melting* [4, 5, 15].

Existen otras técnicas que implican diferentes tipos de procesamiento, partiendo de estado sólido, y son tan variadas como: aleado mecánico, electrodeposición, cristalización de aleaciones amorfas o deformación plástica severa [4, 15]. En este artículo analizaremos aquellas que implican altas velocidades de enfriamiento a través del *melt spinning* y la colada por succión en molde de cobre. Estas son las técnicas de síntesis (a partir de un estado líquido) más comunes para la obtención de sistemas amorfos y nanocristalinos [4].

Melt spinning

La técnica de *melt-spinning* es comúnmente utilizada para producir aleaciones en forma de cintas y alambres largos y continuos por solidificación rápida [16]. En este procedimiento, una pequeña cantidad de la aleación es fundida dentro de un crisol para después ser eyectada por presurización a través de un pequeño orificio sobre una rueda que gira rápidamente; misma que puede estar hecha de metales como el Cu puro, la aleación Cu-Be y el acero inoxidable, esto con la finalidad de alcanzar altas velocidades de enfriamiento que llegan a órdenes de magnitud de entre 10⁵ y 10⁷ K/s [16 - 20]. La **Figura 2** muestra un esquema del proceso.

El grosor de la cinta es muy importante para controlar las propiedades del material resultante. Estas dependen, básicamente, de la velocidad a la que gire la rueda, la presión

de expulsión del material fundido, el tamaño de la ranura de la boquilla del crisol y el espacio que existe entre la rueda y el ya mencionado crisol [16,17,18].

Colada por succión en molde de Cu

Este método consiste en *succionar* la aleación fundida dentro de una cavidad (misma que servirá de molde) utilizando un diferencial de presión entre la cámara de fusión y la cámara de colada. El sistema de colada por succión consta de dos cámaras: una cámara superior en la que se funde la aleación metálica y una cámara inferior en la que se realiza la colada en un molde de cobre (Figura 3).

Las dos cámaras están conectadas a través de un orificio. La base del molde está conectada a una fuente de vacío que, cuando se libera, provoca una diferencia de presión, misma que fuerza a la masa fundida a fluir hacia la cámara [15, 21, 22].

La aleación es generalmente fundida en una platina de cobre y cuenta con un sistema de refrigeración por agua, que se encuentra debajo de una campana de vacío. La placa de cobre actúa como ánodo para la producción de una corriente de arco eléctrico con el cátodo durante la fusión por arco eléctrico, todo bajo una atmósfera inerte de argón. [15, 21].

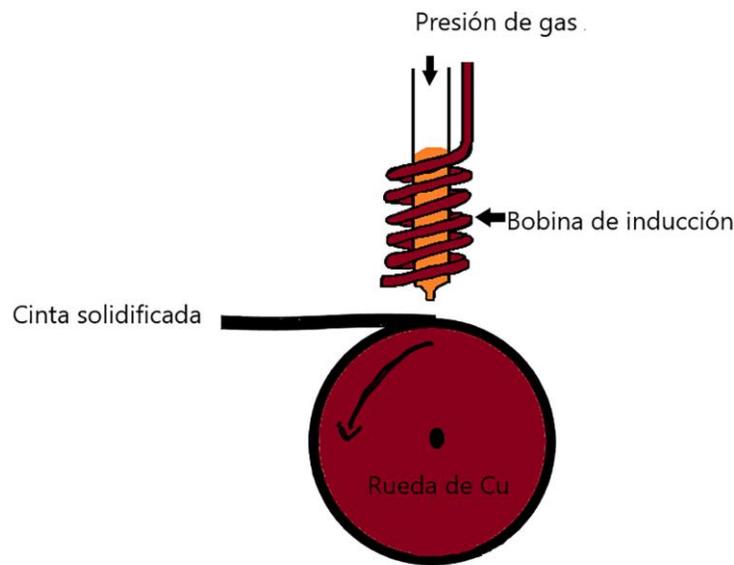


Figura 2. Ilustración esquemática del proceso *melt-spinning*

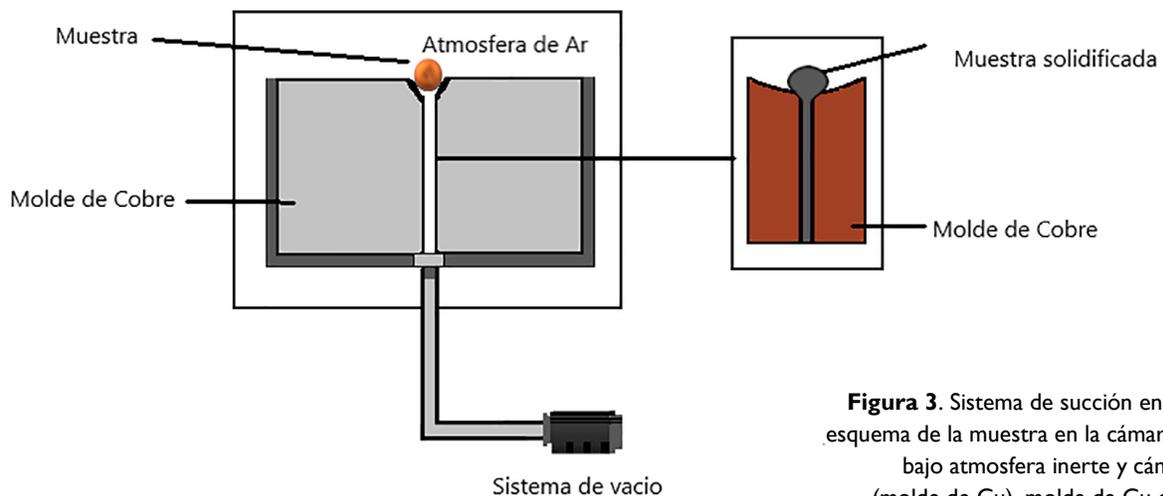


Figura 3. Sistema de succión en molde de Cu, esquema de la muestra en la cámara de fundición bajo atmósfera inerte y cámara de colada (molde de Cu), molde de Cu con el sistema.

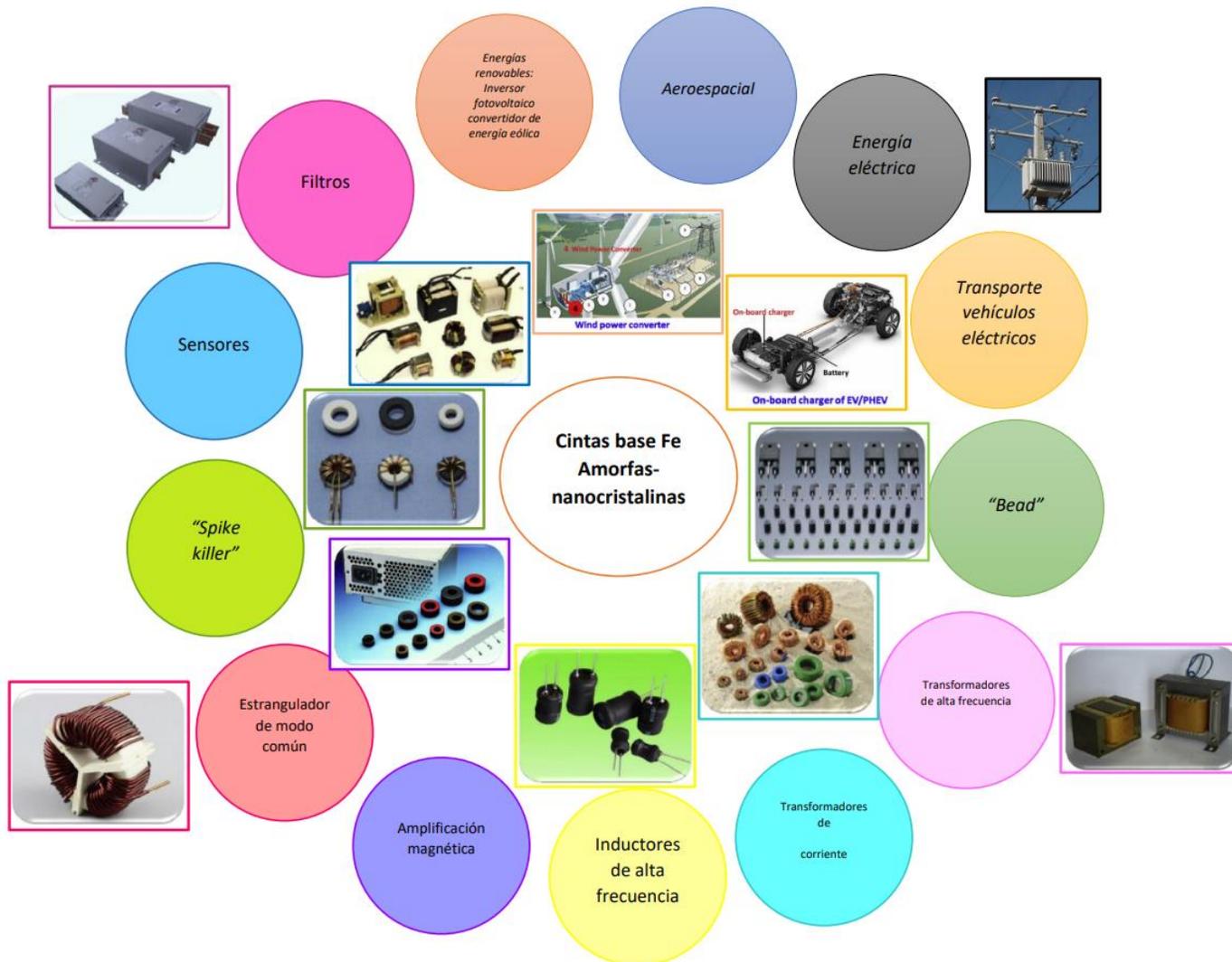


Figura 4. Aplicaciones de aleaciones base Fe nanocrystalinas-amorfás

Aplicaciones en materiales magnéticos

Los materiales magnéticos amorfos y nanocrystalinos se han estudiado desde los años 80 y sus aplicaciones se pueden encontrar [23] en muchos tipos de productos industriales (Figuras 4 y 5), tales como: transformadores, electrónica de potencia, sistemas de control, gestión de energía eléctrica, equipos de telecomunicaciones, dispositivos de potencia por impulsos, motores y una amplia variedad de componentes magnéticos en sensores [4, 24, 25, 26]. La amplia gama de aplicaciones surge de la naturaleza versátil de estos materiales, que pueden proporcionar una inversión rápida de la magnetización con pérdidas magnéticas mínimas. Actualmente, los materiales magnéticos suaves, como los aceros al silicio (Si),

las aleaciones amorfás a base de Fe y las aleaciones nanocrystalinas a base de Fe [27, 28, 29], se utilizan en dispositivos y equipos de potencia, piezas y dispositivos electrónicos modernos que requieren una alta eficiencia. Especialmente para aplicaciones de baja frecuencia, como transformadores de distribución, se requiere una alta densidad de flujo magnético operativo B_m con baja pérdida de núcleo para que el material logre una alta efectividad. Las aleaciones nanocrystalinas a base de hierro han llamado la atención por su alta permeabilidad ($\sim 10^5$), su alto flujo de densidad de saturación ($\sim 1.5T$) y también por su baja pérdida de núcleo ($\approx 0.1-0.2 W kg^{-1}$ a 60 Hz y 1-2 T) [23, 28, 30-34].

Obtención de aleaciones nanocrystalinas

En el caso de la solidificación rápida de estos materiales a partir de líquido, la composición química de un material y la velocidad de enfriamiento del proceso de fabricación son los dos factores más importantes para la conformabilidad del material. Es por ello que la exploración de nuevos procesos y composiciones químicas representan un esfuerzo continuo para obtener las propiedades óptimas [25]. El proceso *Melt spinning* es la técnica más comúnmente utilizada para producir cintas magnéticas suaves, amorfas y nanocrystalinas. Esto se debe a su alta eficiencia, ahorro de energía, una trayectoria de flujo que es corta y simple. [19, 29, 35]. Las aleaciones magnéticas blandas nanoestructuradas se diseñan sobre la base del refinamiento del tamaño de grano para adaptar las propiedades magnéticas intrínsecas, extrínsecas o ambas [19, 36, 37].

Propiedades magnéticas y su relación con el tamaño de grano

Dos propiedades son de particular interés para el desarrollo de materiales magnéticos suaves, desde el punto de vista de sus aplicaciones: materiales con la mayor permeabilidad posible y materiales con la más alta magnetización de saturación posible. La segunda se logra fácilmente en materiales magnéticos cristalinos convencionales; cuando se aumentan las concentraciones de Fe, sus propiedades magnéticas suaves suelen ser malas debido a la gran anisotropía magnetocristalina de α -Fe ($K_1 = 47 \text{ kJ/m}^3$). No obstante, el efecto de esta gran K_1 se suprime drásticamente al reducir el tamaño de grano a escalas nanométricas [13, 25, 26, 35]. Por lo tanto, puede obtenerse una magnetización de saturación excepcionalmente alta, así como excelentes propiedades magnéticas suaves para aleaciones nanocrystalinas.

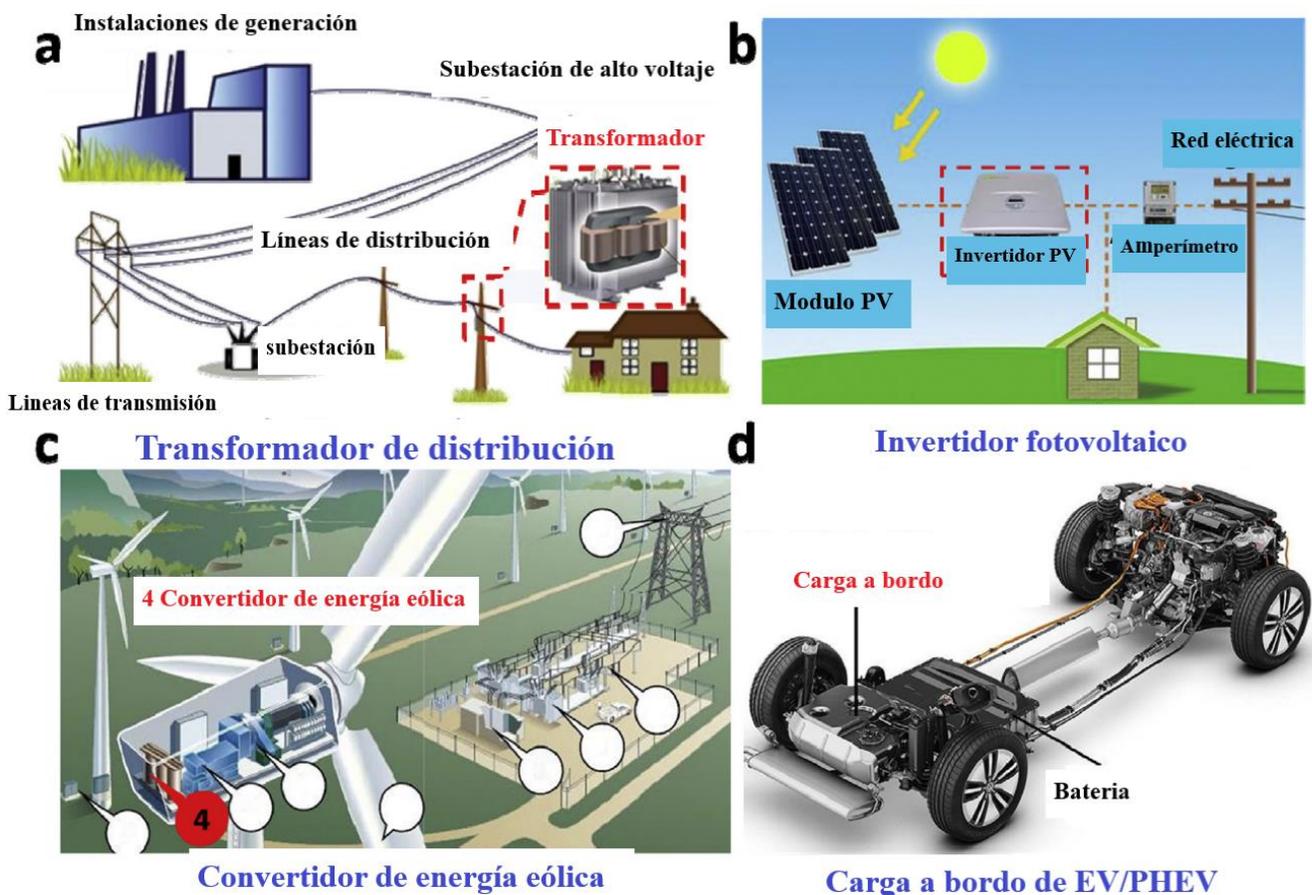


Figura 5. (a) Transformador de distribución; (b) inversor fotovoltaico; (c) convertidor de energía eólica, y (d) cargador de a bordo hecho de materiales magnéticos blandos amorfo-nanocrystalinos (adaptada de la Ref [6]).

Por su parte, la magnetización de saturación, densidad de flujo magnético, anisotropía magnetocristalina, coeficiente magnetostrictivo y la temperatura de Curie son las propiedades magnéticas intrínsecas, que dependen de la química de la aleación y la estructura cristalina. Las propiedades magnéticas suaves como la coercitividad y la permeabilidad son propiedades extrínsecas, relacionadas con la nanocrystalinidad de las aleaciones y la disposición preferida de los dominios magnéticos [27, 25, 38]. El carácter de magneto suave de cualquier material se controla a través de la coercitividad (H_c), la permeabilidad (μ) o ambas; y estas están inversamente relacionadas entre sí. Por otro lado, un magneto suave excelente se logra con la adaptación de la química de la aleación y la optimización de la microestructura [36, 37].

En la **Figura 6** se muestra un diagrama de Herzer, el cual ilustra la dependencia del campo coercitivo H_c con el tamaño de grano de su microestructura (entre más reducido es H_c , más suave es el material; el campo coercitivo define la “suavidad” magnética de una aleación).

Como se observa en dicho diagrama, esta dependencia se puede dividir en dos segmentos: (i) nanocrystalino y (ii) policristalino. Para tamaños de grano grandes ($D > 0.1 - 1 \mu\text{m}$), tales como aleaciones policristalinas, la coercitividad es inversamente proporcional a D , es decir, $H_c \propto 1/D$ [27]. Para tamaños de grano pequeños (segmento-I, $D < 100 \text{ nm}$), como en el caso de aleaciones amorfas y nanoestructuradas, la coercitividad disminuye rápidamente con el tamaño de grano y sigue la relación $H_c \propto D^6$ [29, 36, 37].

Aleaciones magnéticas nanocrystalinas

En los últimos años se han realizado numerosos estudios sobre la influencia de la composición en las propiedades magnéticas blandas de las aleaciones amorfas y nanocrystalinas. Las tres familias más relevantes de aleaciones nanocrystalinas para aplicaciones magnéticas son NANOPERM, HITPERM y NANOMET [1], sus características se resumen a continuación.

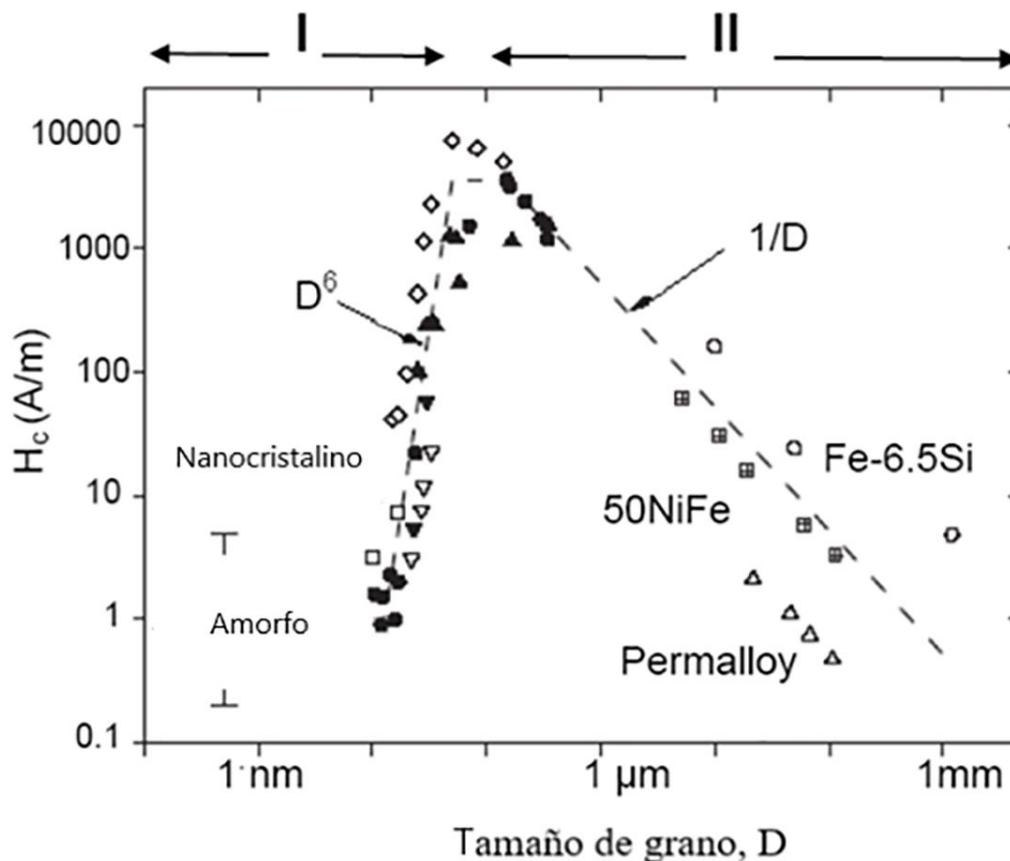


Figura 6. Relación entre la coercitividad y el tamaño de grano en aleaciones magnéticas suaves. Imagen modificada de la referencia [26].

Tabla 2. Principales familias de aleaciones base Fe para aplicaciones magnéticas suaves

Aleación	Métodos de síntesis	Propiedades magnéticas	Aplicaciones	Ref.
NANOPERM Fe-Zr-B-Cu	<i>Melt-spinning</i>	$B_s = 1.65 \text{ T}$ $\mu_c = 20000$ $H_c = 3.5 \text{ A/m}$	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Transformadores de potencia ✓ Componentes de interfaz de comunicación de datos ✓ Componentes de prevención de interferencias electromagnéticas (EMI) ✓ Cabezales magnéticos ✓ Sensores ✓ Blindaje magnético ✓ Reactores 	[39 - 41]
HITPERN Fe-Co-(Zr,Nb,Hf,Ni)-Cu-B	<i>Melt-spinning</i> <i>Precursores amorfos</i>	$H_c = 2.2 \text{ Oe}$ $\mu_c = 1800$ $B_s = 10 \text{ kG}$	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Refrigeración magnética 	[42 - 43]
NANOMET Fe-Si-B-P-C	<i>Melt-spinning</i>	$H_c = 5 \text{ A/m}$ $\mu_c = 25000$ $B_s = 1.94 \text{ T}$	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Transformadores ✓ Inductores ✓ Motores eléctricos ✓ Carga inalámbrica ✓ Sensores no invasivos 	[44 - 45]

Las aleaciones NANOPERM tienen una composición típica $\text{Fe}_{88}\text{Zr}_7\text{B}_4\text{Cu}$. El mayor contenido de Fe y la menor cantidad de B aumentan su magnetización de saturación con respecto a las aleaciones FINEMET. Las aleaciones HITPERM fueron diseñadas como materiales magnéticos blandos de alta temperatura. Su composición original era $\text{Fe}_{44}\text{Co}_{44}\text{Zr}_7\text{B}_4\text{Cu}$ y, en ella, el cobalto cumple dos propósitos: ayudar a maximizar el momento magnético y aumentar la temperatura de Curie (tanto de la fase amorfa residual como de los nanocristales [que son $\alpha\text{-FeCo}$ y $\alpha'\text{-FeCo}$]), permitiendo así la operación de aleaciones HITPERM a temperaturas mucho mayores que las otras familias. Las aplicaciones de alta temperatura no solo

presentan el desafío de la temperatura de Curie de las fases. Puesto que se tratan de materiales metaestables, también debemos tener en cuenta la temperatura a la que se produce la transformación microestructural. Esta familia de aleaciones cumple ambos requisitos.

La aleación NANOMET es la última incorporación a las familias de aleaciones nanocristalinas magnéticas blandas, con una composición típica $\text{Fe}_{83.3-84.3}\text{Si}_4\text{B}_8\text{P}_{3-4}\text{Cu}_{0.7}$. NANOMET se desarrolló para aumentar la magnetización por saturación y minimizar el costo del material, al reducir o eliminar las adiciones metálicas de Nb, Zr, Mo y Cu (que generalmente se

requerían en las familias de aleaciones para lograr la microestructura nanocrystalina). Estas aleaciones nanocrystalinas muestran una magnetización de alta saturación, comparable con aquella de las aleaciones magnéticas blandas cristalinas de Fe-Si disponibles comercialmente y aquellas de baja coercitividad [1, 39, 42, 44].

Conclusiones

Las aleaciones nanocrystalinas magnéticas suaves presentan propiedades optimizadas respecto a sus contrapartes microcrystalinas, lo que ha permitido su incorporación como materiales ingenieriles. La nanoestructura que caracteriza a estas aleaciones facilita la disminución drástica del valor de campo coercitivo. Esto, a su vez, facilita el desarrollo de altos valores de permeabilidad magnética. Además de la influencia de la composición química en las propiedades magnéticas de estas aleaciones, el uso de diferentes métodos de procesamiento permite optimizar aún más las propiedades de coercitividad y permeabilidad magnética. Esta combinación propicia de propiedades (i.e., baja coercitividad y alta permeabilidad) en las aleaciones nanocrystalinas magnéticamente suaves, permiten su utilización en una amplia variedad de aplicaciones que van desde la conversión de energía hasta los sensores.

Los desafíos pendientes por resolver en el desarrollo de aleaciones nanocrystalinas magnéticas suaves incluyen, entre otros retos: la optimización de propiedades magnéticas y mecánicas para aplicaciones específicas (de manera que mejore sustancialmente la funcionalidad del material mediante menores respuestas de fragilidad) y una mayor estabilidad térmica de las fases fuera del equilibrio que puedan estar presentes en la microestructura. Estos objetivos se pueden lograr mediante el control cuidadoso de la composición química, a la par de un procesamiento termomecánico adecuado, por ejemplo, mediante procesos de conformado con temperatura variable y bajo la acción simultánea de un campo magnético externo H .

Además de las aplicaciones tecnológicas, las aleaciones nanocrystalinas también se pueden utilizar para validar modelos teóricos de materiales.

Referencias

- [1] V. Franco. Soft Magnetic Nanocrystalline Alloys: Materials and Models. *Material Matters*, vol. 11 (2016) 4-12.
- [2] A. Krings, A. Boglietti, A. Cavagnino, Steve Sprague. Soft Magnetic Material Status and Trends in Electric Machines. *EEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS* (2016) 0278-0046.
- [3] M. Silveyra, E. Ferrara, L. Huber, C. Monson. Soft magnetic materials for a sustainable and electrified world. *MAGNETIC MATERIALS* 362. (2018).
- [4] C. Suryanarayana. Nanocrystalline materials. *International Materials Reviews* 40. (1995), 41-64.
- [5] A.M. Glezer, N.A. Shurygina. *Amorphous Nanocrystalline Alloys*. Taylor & Francis, USA NY 2018.
- [6] F.C. Li, T. Liu, J.Y. Zhang, S. Shuang, Q. Wang, A.D. Wang, J. G. Wang, Y. Yang. Amorphous nanocrystalline alloys: fabrication, properties, and applications. *Materials Today Advances* 4. (2019), 10027.
- [7] B. G. Clark, K. Hattar, M.T. Marshall, T. Chookajor, B. L. Boyce, C. A. Schuh. Thermal Stability Comparison of Nanocrystalline Fe-Based Binary Alloy Pairs. *The Minerals, Metals & Materials Society* 6. (2016), 1625-1633.
- [8] A. R. Kalidindi, Christopher A. Schuh. Stability criteria for nanocrystalline alloys. *Acta Materialia* 132. (2017), 128-137.
- [9] H.R. Peng, L.K. Huang, F. Liu. A thermo-kinetic correlation for grain growth in nanocrystalline alloys. *Materials Letters* 219. (2018), 276-279.
- [10] Rita I. Babicheva, Sergey V. Dmitriev, Lichun Bai, Ying Zhang, Shaw Wei Kok, Guozheng Kang, Kun Zhou. Effect of grain boundary segregation on the deformation mechanisms and mechanical properties of nanocrystalline binary aluminum alloys. *Computational Materials Science*. Vol. 117 (2016), 445-454.
- [11] S.I. POON, Y. HE, I G.I. SHIFLET, AND G.M. DOUGHERT. "Synthesis and properties of bulk amorphous and nanocrystalline alloys ". *Science and Technology of Rapid Solidification and Processing*, (1995), 43-52.
- [12] J. S. C. Jang and C. C. Koch. The Hall-Petch relationships in mechanically alloyed Ni_3Al with oxide dispersoids. *Scripta METALLURGICA* (1988) Vol. 22, pp. 677-682.
- [13] R.A. Andrievski. Size-dependent effects in properties of nanostructured materials. *Rev.Adv.Mater.Sci.* 21(2009) 107-133.
- [14] W. Kurz. Rapid solidification processing and microstructure formation. *Materials Science and Engineering, A* 179/A 180 (1994) 46-51.
- [15] C. Suryanarayana A. Inoue. *BULK METALLIC GLASSES*. Taylor & Francis, USA, 2011.
- [16] T. R. Anantharaman, 1984. *Metallic Glasses Production, Properties and Applications*, *Materials Science Surveys* No. 2, pp. 47-56.
- [17] T.R. Anantharaman & C. Suryanarayana. (1987). *Rapidly Solidified Metals*. USA. Trans Tech Publications.Pc. 47-56.

- [18] C. Suryanarayana & R. Inoue. (2018). "Bulk metallic glasses" USA. CRC Press. Segunda edición. Pp. 47-49, 141-143.
- [19] K. Roy, K. Panda and A. Mitra. Alloy Development through Rapid Solidification for Soft Magnetic Application. Intech (2015), 39-60.
- [20] Senlin Cui, Gaoyuan Ouyang, Tao Ma, Chad R. Macziewski, Valery I. Levitas, Lin Zhou, Matthew J. Kramer, Jun Cui. Thermodynamic and kinetic analysis of the melt spinning process of Fe-6.5 wt.% Si alloy. Journal of Alloys and Compounds. Vol. 771 (2019). 643-648.
- [21] Figueroa, I.A., P.A. Carroll, H.A. Davies, H. Jones, and I. Todd. Preparation of Cu-based bulk metallic glasses by suction casting. Proceedings of the Fifth Decennial International Conference on Solidification Processing, Sheffield, U.K., 2007, pp. 479-482.
- [22] J. Lavernia, T. S. Srivatsan. The rapid solidification processing of materials: science, principles, technology, advances, and applications. J Mater Sci vol. 45(2010), 287-325.
- [23] T. Gheiratmand, H.R. Madaah Hosseini. Finemet nanocrystalline soft magnetic alloy: Investigation of glass forming ability, crystallization mechanism, production techniques, magnetic softness and the effect of replacing the main constituents by other elements. Journal of Magnetism and Magnetic Materials vol. 408 (2016) 177-192.
- [24] M. Ohta and R. Hasegawa. Soft Magnetic Properties of Magnetic Cores Assembled With a High Bs Fe-Based Nanocrystalline Alloy. IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 53 (2017). 200-205.
- [25] R. Hasegawa. Advances in amorphous and nanocrystalline magnetic materials. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 304 (2006) 187-191.
- [26] F. Plazaola, E. Apiñaniz, D. Martin Rodriguez. Fe-Al Alloys' Magnetism. Advanced Magnetic Materials. (2012), 133-170.
- [27] G. Herzer. Modern soft magnets: Amorphous and nanocrystalline materials. Acta Materialia 61 (2013) 718-734.
- [28] H.R. Lashgari, D. Chu, Shishu Xie, Huande Sun, M. Ferry, S. Li. Composition dependence of the microstructure and soft magnetic properties of Fe-based amorphous/nanocrystalline alloys: A review study. Journal of Non-Crystalline Solids 391 (2014) 61-82.
- [29] L. Xie, A. Wang, S. Yua, A. Hea, C. Changa, Q. Lib, X. Wang, C. Liu. Significant improvement of soft magnetic properties for Fe-based nanocrystalline alloys by inhibiting surface crystallization via a magnetic field assisted melt-spinning process. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 483 (2019), 158-163.
- [30] Yapi Liu, Yide Yi, Wei Shao, Yanfang Shao. Microstructure and magnetic properties of soft magnetic powder cores of amorphous and nanocrystalline alloys. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 330 (2013), 119-133.
- [31] E.A. Theisen, Davis, S.J. Weinstein, P.H. Steen. Transient behavior of the planar-flow melt spinning process. Chemical Engineering Science 65 (2010) 3249-3259.
- [32] Properties and Applications of Nanocrystalline Alloys from Amorphous Precursors. Kluwer Academic Publishers. (2005)
- [33] K. SUZUKI. Fe-M-B (M = IVa TO VIa METAL) NANOCRYSTALLINE SOFT MAGNETIC MATERIALS. Properties and Applications of Nanocrystalline Alloys from Amorphous Precursors, (2005), 1-14.
- [34] R.B. Schwarz, T.D. Shena, U. Harmsa, T. Lillo. Soft ferromagnetism in amorphous and nanocrystalline alloys. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 283 (2004) 223-230.
- [35] K. Suzuki, A. Makino, N. Kataoka, A. Inoue, T. Masumoto. High Saturations and Soft Magnetic Properties of BCC Fe-Zr-B and Fe-Zr-B-M (M=transition metal) Alloys with Nanoscale Grain size. Materials Transactions. Vol. 43. (1991) 93-102.
- [36] A. Makino, T. Hatanai, A. Inoue, T. Masumoto. Nanocrystalline soft magnetic Fe-M-B (M = Zr, Hf, Nb) alloys and their applications. Materials Science and Engineering A226228 (1997) 594-602.
- [37] T. Kulik, J. Ferenc and M. Kowalczyk. Temperature of nanocrystallisation of magnetically soft alloys for high-temperature applications. 13 th International scientific conference on achievements in mechanical and Materials Engineering. (2005).
- [38] M. A. Willard, D. E. Laughlin, M. E. McHenry, D. Thoma, K. Sickafus, J. O. Cross, and V. G. Harris. Structure and magnetic properties of (Fe 0.5 Co 0.5) 88 Zr 7 B 4 Cu 1 nanocrystallinealloys. Journal of Applied Physics 84, (1998). 6773-6779.
- [39] A. Makino, H. Men, T. Kubota, K. Yubuta and A. Inoue. FeSiBPCu Nanocrystalline Soft Magnetic Alloys with High Bs of 1.9 Tesla Produced by Crystallizing Hetero-Amorphous Phase. Materials Transactions, Vol. 50. (2009) pp. 204 to 209.
- [40] E. Dastanpour, M. H. Enayati, A. Masood, V. Strömb. Quantification of the anomalous crystallization and soft magnetic properties of Fe-Si-B-P-Cu (Nanomet) by isothermal calorimetry. Journal of Alloys and Compounds Volume 830, (2020), 154705.
- [41] M. Hasiak, A. Łaszcz, A. Żakband J. Kaleta. Microstructure and Magnetic Properties of NANOPERM-Type Soft Magnetic Material. ACTA PHYSICA POLONICA Vol. 135 (2019) 284-288.
- [42] Giselher Herzer. Anisotropies in soft magnetic nanocrystalline alloys. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 294 (2005) 99-106.
- [43] <http://www.atmcn.com/cpyfw/cpdh/fjnmjdc/fjnmjdc/namijdc/2015/1222/3060.html>.
- [44] <http://www.atmcn.com/cpyfw/cpdh/fjnmjdc/fjnmjdc/>.
- [45] M. Ferch, Application overview of nanocrystalline inductive components in today's power electronic systems, Proc. Soft Magn. Mater. Conf. (A1e01) (2013).

Óxidos metálicos nanoestructurados para la detección de gases

José Manuel Luna Ramos, Monserrat Bizarro

Instituto de Investigaciones en Materiales,
Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX

edreagan@ciencias.unam.mx,
monserrat@materiales.unam.mx

El rápido desarrollo de la industria y la urbanización han incrementado abruptamente la contaminación del aire. Atribuibles, principalmente, a los escapes de los automóviles y las emisiones de fábricas, la contaminación se ha convertido en una gran amenaza para la salud humana. La fuga de gases inflamables y explosivos también puede provocar la pérdida de vidas y daños a la propiedad [1-3]. Entre los gases nocivos más comunes encontramos a los hidrocarburos (HCs), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), amoníaco (NH₃), sulfuro de hidrógeno (H₂S) y también a los compuestos orgánicos volátiles (VOC).

Siendo tan comunes, es contraintuitivo conocer que la presencia de muchos de estos gases (en bajas e incluso altas concentraciones) no es siempre perceptible por la nariz humana. Es por eso que hemos tenido que idear formas para detectarlos. Sabemos que, por ejemplo, desde el siglo XIX, canarios fueron utilizados en las minas de carbón para saber si era seguro respirar el aire ahí dentro. Los mineros bajaban a la mina con estas aves adentro de jaulas y las colocaban cerca de la luz para que cantaran. Mientras el canario cantaba los mineros estaban tranquilos, pero cuando dejaba de cantar era señal para salir corriendo, pues significaba un peligro mortal. Estos pajaritos cantores son extremadamente sensibles al monóxido de carbono (CO). Inhalan alrededor del doble de la

cantidad del gas venenoso por cada respiración respecto al inhalado por los humanos y, por ello, reaccionan incluso a los mínimos cambios en la composición del aire (Figura 1).

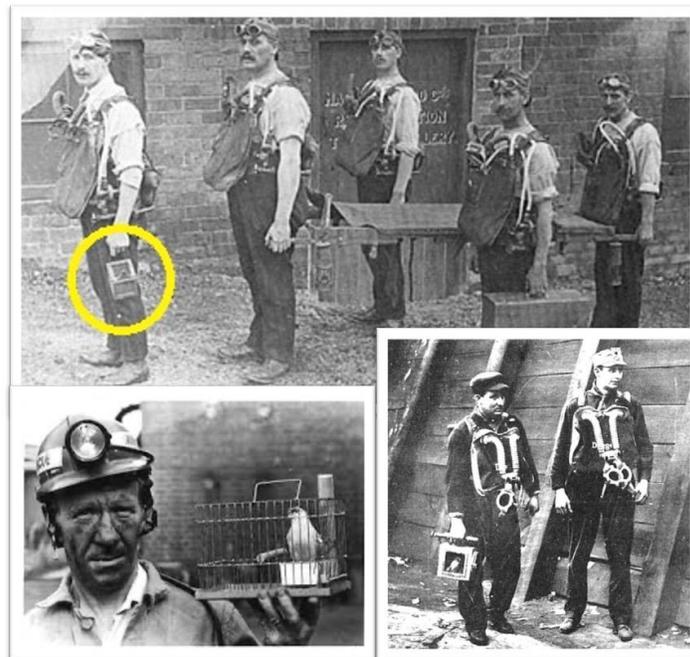


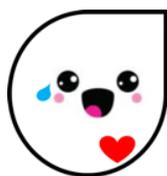
Figura 1. Mineros inspeccionando una mina de carbón con canarios enjaulados (Revista madrileña *Alrededor del Mundo*, 20 de mayo de 1918).

Actualmente ya no utilizamos canarios sino óxidos metálicos. Las primeras investigaciones sobre la detección de gases datan de la década de 1960 [4] y, desde entonces, los óxidos metálicos se han ubicado como materiales idóneos para sensores de gases por su buena sensibilidad, facilidad de fabricación y su respuesta ante diferentes tipos de gases. Las investigaciones actuales se enfocan en mejorar simultáneamente la confiabilidad, selectividad, bajo costo, miniaturización y funcionamiento a temperatura ambiente de dichos dispositivos.

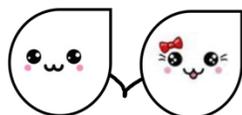
Características que todo buen sensor debe cumplir

Para considerar que un sensor es adecuado, éste debe cumplir con ciertos parámetros que nos indiquen su buen funcionamiento [5]:

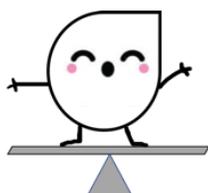
¿Qué es un sensor de gas?



Sensibilidad: Es la respuesta de un sensor a un gas objetivo medido como la relación de cambio de la resistencia en la superficie del óxido metálico.



Selectividad: Es la respuesta preferencial de un gas particular en presencia de un segundo gas en condiciones de funcionamiento similares.



Estabilidad: Capacidad para mantener sus propiedades de detección repetidamente durante largos periodos de tiempo.



Tiempo de respuesta: El tiempo que toma un sensor en alcanzar un valor definido del valor final del cambio en su resistencia.



Tiempo de recuperación: Es el tiempo que toma un sensor en retomar un valor definido de resistencia original cuando ya no se encuentra expuesto al gas.

Un sensor es un dispositivo que produce un cambio medible como respuesta a un estímulo conocido [6]. Los sensores también son transductores, pues transforman el estímulo entrante a una señal de salida que puede ser eléctrica o de otro tipo (Fig. 2). El estímulo puede ser físico o químico y la señal de salida es, generalmente, proporcional a la magnitud del estímulo de entrada. Esta puede manifestarse como un cambio en alguna de sus propiedades físicas, tales como su función de trabajo, constante dieléctrica o su masa. En las últimas décadas se han desarrollado muchos tipos de sensores de gas basados en diferentes métodos de detección (electroquímicos, termoconductores, ópticos, entre otros).

Liu y colaboradores [7] clasificaron los sensores de gas según sus métodos de detección, dividiéndolos en dos grupos:

- a) Métodos basados en la variación de las propiedades eléctricas.
- b) Métodos basados en la variación de otras propiedades (ópticas, acústicas, magnéticas, etc).

Los primeros son los más comunes, por su bajo costo y su confiabilidad en la capacidad de integración [8]. En 1953, Brattain, Bardeen y Garrett realizaron un estudio sistemático sobre los cambios de las propiedades eléctricas de los materiales semiconductores debido a la interacción de moléculas de gas en la superficie [9 - 11]. El mecanismo se basa en el intercambio de electrones entre el gas y la superficie del material a través de una quimisorción o reacción catalítica [6]. El cambio en la concentración de portadores de carga se puede medir como un cambio en la resistencia en función del tiempo cuando el material sensor crea una corriente a través de un electrodo, tal como puede verse en la Figura 2.

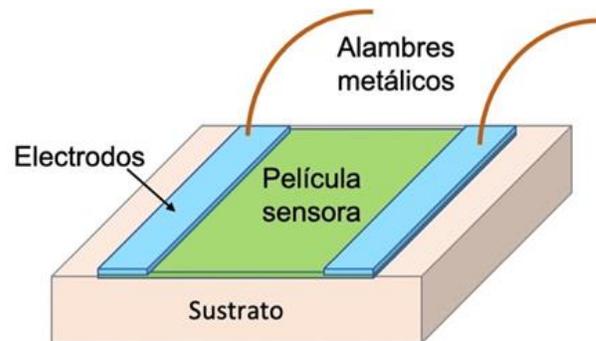
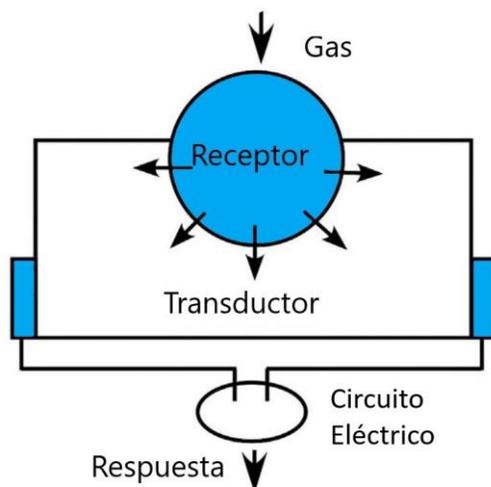


Figura 2. Diagrama general de un sensor de gas (izquierda). Esquema de un dispositivo sensor de gas en película delgada (derecha).

¿Por qué usar óxidos metálicos como sensores de gas?

Los óxidos metálicos semiconductores se han convertido en una opción prometedora dentro de la industria de los sensores de gas. Estos materiales son bastante valorados porque sus propiedades eléctricas abarcan desde los aislantes hasta los semimetales, dándoles un intervalo muy amplio de trabajo. Entre sus ventajas encontramos la simplicidad en la estructura del dispositivo, su bajo costo de fabricación, así como la robustez y adaptabilidad a una amplia variedad de gases reductores y oxidantes [2]. Los sensores que utilizan óxidos metálicos semiconductores se han investigado durante más de tres décadas. Algunos de los principales representantes son el óxido de estaño (SnO_2), óxido de zinc (ZnO) y óxido de tungsteno (WO_3).

Los sensores de este tipo se caracterizan por poseer una resistencia eléctrica sensible a la superficie que funciona según un principio muy simple: **en exposición a un gas objetivo en el aire (a una temperatura específica) se manifiesta un cambio en la resistencia eléctrica del óxido metálico en función de la interacción de las moléculas del gas sobre la superficie del material en cuestión.** Como la conductividad eléctrica de los semiconductores aumenta con la temperatura, la respuesta del sensor también aumenta a temperaturas más altas. Esta es la razón por la cual muchos materiales que son utilizados como sensores todavía no pueden operar a temperatura ambiente: los cambios en su conductividad a temperatura ambiente no son apreciables.

De manera general, la interacción molécula-óxido metálico puede expresarse de la siguiente manera:

La molécula de gas interactúa con el óxido metálico y actúa, ya sea como donador o aceptor de portadores de carga. Esto altera las propiedades del material y, por lo tanto, la resistividad o conductividad del semiconductor [12] (Fig. 3).

Ahora bien, dicha interacción solo puede manifestarse como un aumento o disminución en la resistencia eléctrica del material. Esta depende del tipo de portadores mayoritarios del material semiconductor y de la naturaleza de las moléculas del gas, que puede ser oxidante o reductor.

Cuando se utiliza un semiconductor tipo n (en el que los electrones son los portadores mayoritarios), la resistencia disminuye con la exposición a gases reductores o inflamables en el aire (tales como H_2 , CO , NH_3 , H_2S , NO , etc.). Por otro lado, la resistencia eléctrica aumentará si el semiconductor es expuesto a gases oxidantes (NO_2 , O_3 , N_2O , etc.).

Si ahora se utiliza un semiconductor tipo p (cuyos portadores mayoritarios son los huecos con carga positiva), el cambio en la resistencia es opuesto al caso anterior, es decir, aumenta en presencia de gases reductores y disminuye frente a gases oxidantes [13], véase la Figura 4.

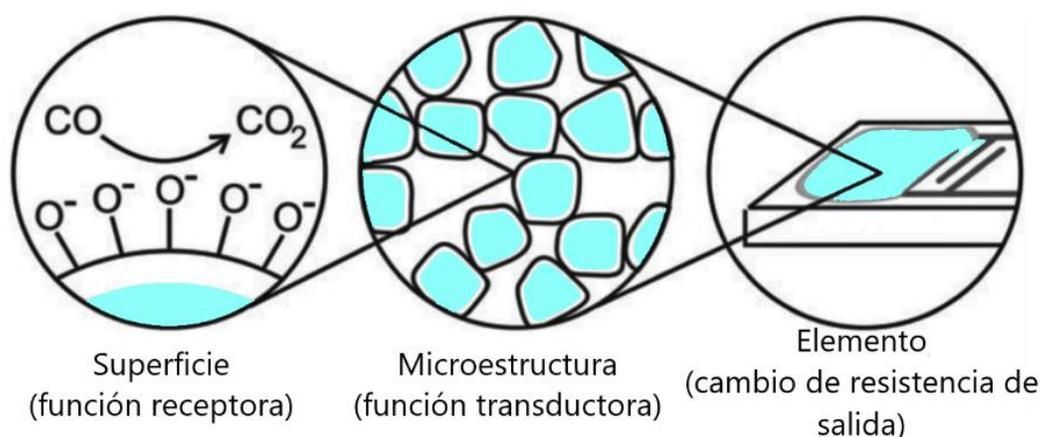


Figura 3. Interacción de las moléculas de gas (ambiental) con la película delgada de óxido metálico (la función de recepción reconoce la especie química en la superficie de las partículas semiconductoras, mientras que la función de transducción convierte la señal química de la superficie del semiconductor, a través de la microestructura del material semiconductor, en la señal de salida).

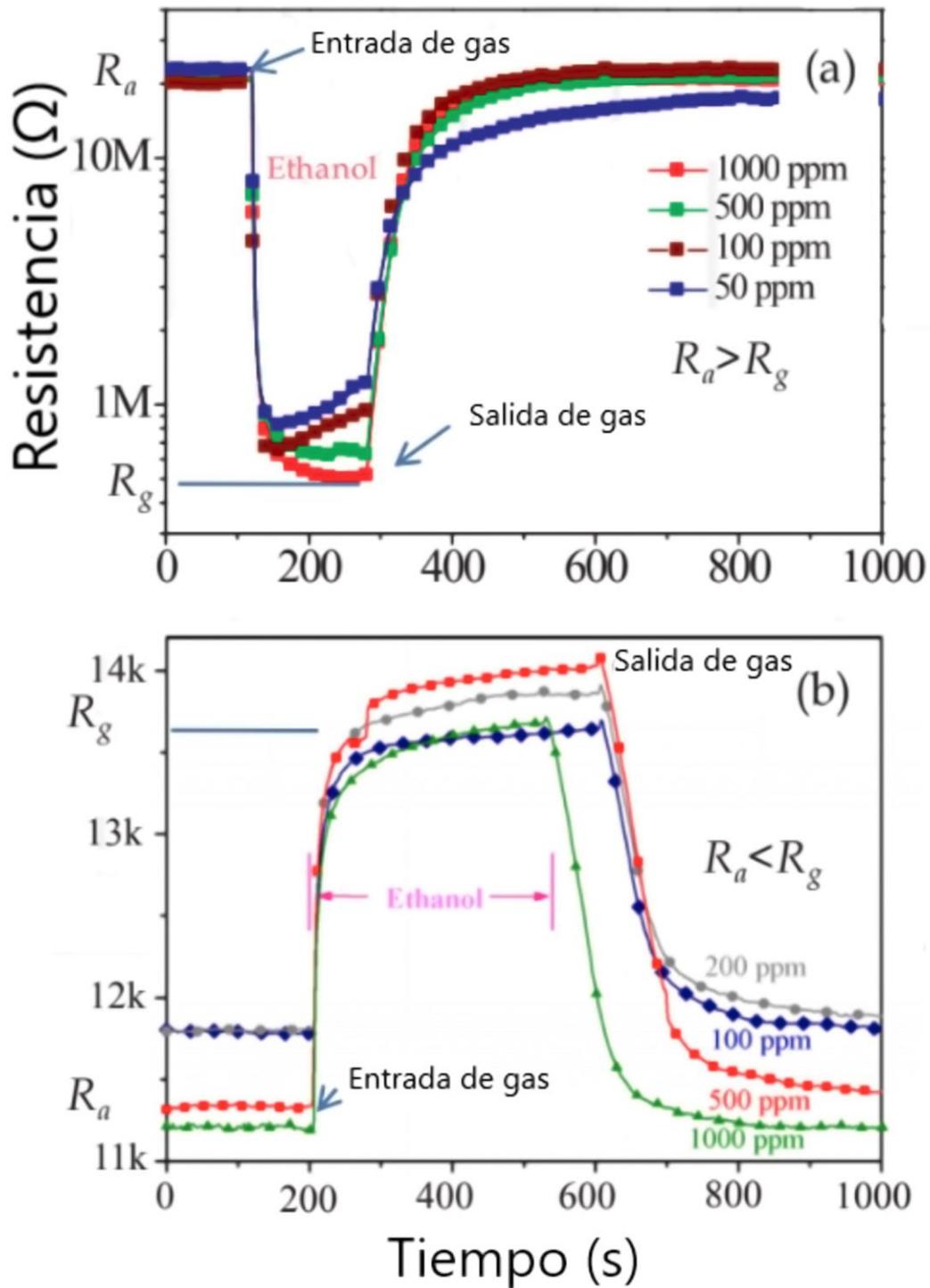


Figura 4. Ejemplos del cambio de la interacción molécula-óxido metálico. Arriba se muestra la respuesta de una película de nanoalambres de ZnO con etanol y abajo la de una película de nanoalambres de CuO con etanol [14]. Dado que ambos interactúan con el mismo tipo de gas, la diferencia radica en el tipo de portadores mayoritarios de cada óxido metálico.

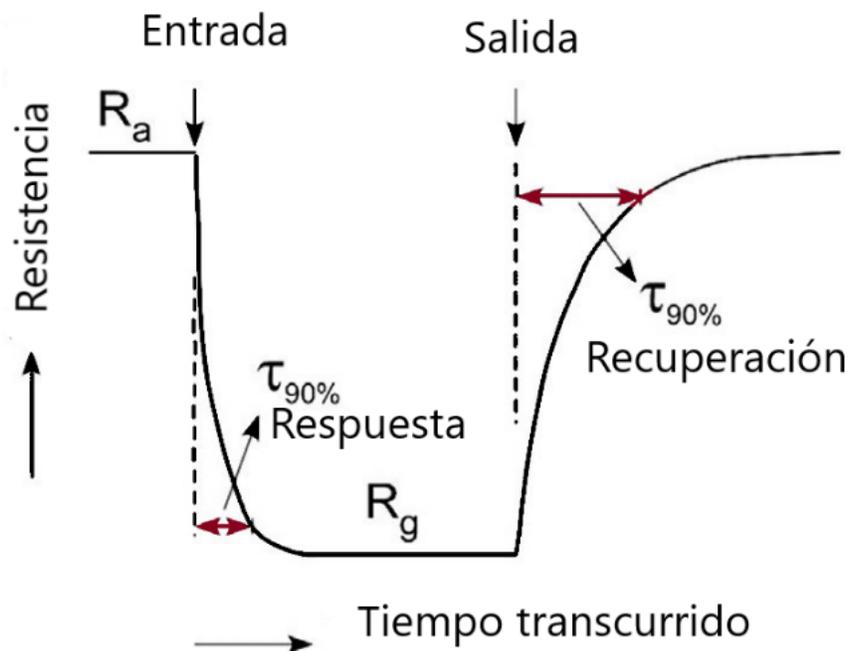


Figura 5. Comportamiento continuo de la resistencia de un medio material antes, durante y después de la interacción de un gas, así como los intervalos del tiempo de respuesta y recuperación.

Para considerar a un óxido metálico como un buen candidato para convertirse en sensor de gas, el material debe tener una excelente respuesta a un gas objetivo y también debe ser capaz de detectarlo en presencia de uno o más agentes gaseosos. Necesita tener una respuesta rápida y una pronta recuperación para que siga cumpliendo la función de detección.

Este comportamiento puede observarse en la Figura 5, en donde la resistencia inicial del material (sin estar expuesto al gas objetivo) tiene un valor constante R_a . En el momento en el que el material se pone en contacto con el gas, su resistencia baja rápidamente hasta alcanzar un valor R_g .

El tiempo que transcurre entre la entrada del gas y la estabilización de la resistencia al nuevo valor R_g es el tiempo de respuesta, por lo que una caída abrupta de la curva indica una mejor respuesta del sensor ante el gas objetivo. De igual manera, cuando se retira experimentalmente el gas, la resistencia del semiconductor tiende a volver a su valor original R_a . El tiempo que tarda en llegar a dicho valor se conoce como tiempo de recuperación.

Nanotecnología para la nueva generación de sensores de gas

Como se mencionó anteriormente, algunos de los óxidos metálicos más utilizados en aplicaciones de detección de gases específicos son el SnO_2 , ZnO y WO_3 , que son semiconductores tipo n . Entre los ejemplos de semiconductores tipo p están el NiO y el CuO . Aunque estos materiales tienen características destacadas, todavía presentan algunas limitaciones como lo son la precisión, estabilidad a largo plazo y el hecho de que funcionan a temperaturas elevadas. Para enfrentar este problema, la nanotecnología tiene un papel muy relevante y está abriendo la oportunidad de establecer **la siguiente generación de dispositivos sensores de gas** con un desempeño sobresaliente en términos del tiempo de respuesta, bajo consumo y excelente sensibilidad a concentraciones extremadamente bajas [4]. También tiene la posibilidad de integrar elementos (dentro del mismo dispositivo) que permitan al sensor autoalimentarse, autocalentarse e incluso fotoactivarse, todo esto en aras de lograr un funcionamiento autónomo (Fig. 6).

Lo más importante de los nanomateriales en la aplicación de sensores de gas es su elevada **relación superficie/volumen**. Esta característica permite que los sensores nanoestructurados tengan una altísima sensibilidad, debido a la excelente adsorción de especies de gas en la gran cantidad de sitios disponibles del material. Esto, a su vez, reduce el tiempo de respuesta en comparación con los sensores convencionales.

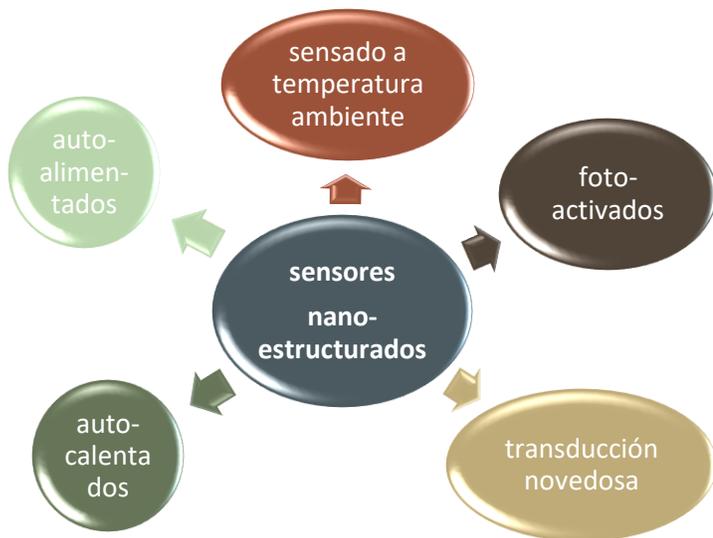
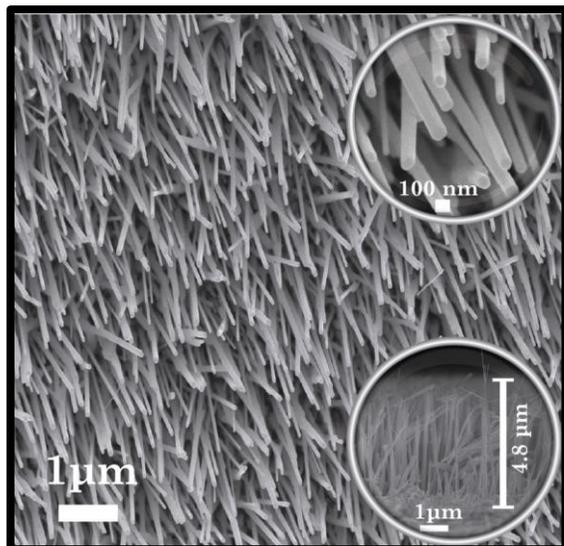


Figura 6. Ventajas de los sensores nanoestructurados.

De todas las nanoestructuras posibles, los nanoalambres (NW, por sus siglas en inglés) presentan características que los hacen superiores. Tienen una alta cristalinidad, alta relación de aspecto, flexibilidad excepcional y soportan deformaciones mecánicas sin fracturarse.



Pero, sobre todo, son estructuras unidimensionales que generan arreglos tridimensionales (ver Figura 7), con lo que se puede pasar de las películas delgadas convencionales en dos dimensiones (2D), a dispositivos en 3-D, manteniendo la miniaturización [8].

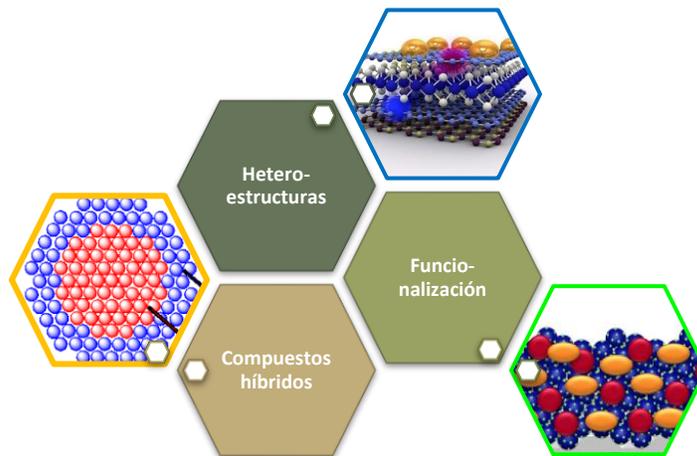


Figura 8. Diseño de nanoestructuras a partir de los materiales produciendo heteroestructuras o compuestos híbridos

La tendencia actual es formar heteroestructuras en los NW con diferentes materiales [15], o incorporarles nanopartículas metálicas tales como oro, platino o paladio para así incrementar su efecto catalítico y mejorar su desempeño (Figura 8). También se han diseñado nanoheteroestructuras jerárquicas que mejoran el desempeño y sensibilidad del material sensor. Pero, ¿qué es una estructura jerárquica?

Figura 7. Imagen de microscopía electrónica de barrido de nanoalambres de ZnO

Una nanoestructura jerárquica es una arquitectura integrada por subunidades nanométricas o de baja dimensión –como las nanopartículas, consideradas cerodimensionales (0D), los nanolambres o nanotubos, que son unidimensionales (1D), o estructuras bidimensionales (2D) como las nanohojas– en la que estas subunidades se acomodan formando arreglos muy ordenados [16].

Se les llaman *jerárquicas* porque hay una estructura principal, de la cual se desprenden otras estructuras o formaciones ordenadas más pequeñas. La naturaleza cuenta con muchos ejemplos de lo anterior. Lo podemos observar en los árboles, que tienen un tronco grueso del cual salen ramas más delgadas, también en las nervaduras de las hojas o en los erizos de mar, que tienen arreglos de agujas en su superficie (Figura 9).

Cuando se fabrican nuevos materiales (imitando estas estructuras jerárquicas de la naturaleza) las propiedades físicas de los materiales originales se pueden modular de manera muy precisa; esto les otorga un importante potencial para mejorar su desempeño en diferentes aplicaciones tecnológicas.



Figura 9. Estructuras jerárquicas en la naturaleza: los árboles, la nervadura de las hojas, flores, los pavorrales, los copos de nieve, erizos de mar, relámpagos, entre otros

En el caso de los sensores de gas, las nanoarquitecturas jerárquicas logran aumentar enormemente el área de superficie expuesta. Lo anterior permite que el material sea capaz de detectar cambios muy pequeños en la concentración del gas a detectar. Estas estructuras pueden incorporar varios materiales diferentes y es por eso que se les llama *heteroestructuras*. Podemos mencionar que los materiales

sensores con heteroestructuras jerárquicas logran tener una disposición bien definida, y esto optimiza la movilidad y el intercambio de electrones y huecos [17].

Un buen ejemplo de ello lo hallamos en el trabajo reportado por D. R. Miller y colaboradores, en el que lograron crecer nanolambres de óxido de estaño y formar sobre ellos nanobarras de dióxido de titanio, generando así una heteroestructura jerárquica en forma de *nanocepillos*, tal como se muestra en la Figura 10. Esta estructura maximiza el área superficial del material fotoactivo (el TiO_2) y al mismo tiempo provee de vías de conducción para los electrones fotogenerados a través de la parte central de SnO_2 [17]. En general, las estructuras que se proponen son cada vez más y más complejas. De hecho, nuevas nanoheteroestructuras surgen más rápido de lo que podemos entenderlas. Es por eso que hace falta más investigación para conocer los mecanismos que se llevan a cabo en estas superficies complejas, tanto a nivel atómico como desde el punto de vista electrónico y químico.

Conclusiones

El campo de los sensores de gas en estado sólido es amplio, diverso y cuenta con muchas áreas de aplicación. Su uso está expandiéndose mucho más allá de la detección de gases tóxicos, inflamables, contaminantes y del monitoreo ambiental.

Eventualmente, los vanguardistas dispositivos miniaturizados (autoalimentados y con bajas temperaturas de operación) permitirán aplicaciones en hogares inteligentes, smartphones, procesos de control de calidad de alimentos e incluso en aplicaciones médicas con capacidad de detección en tiempo real. Pero para poder llegar a las aplicaciones comerciales y disponibilidad de dispositivos a gran escala es necesario hacer mucha más investigación básica. Esto permitirá entender mejor los mecanismos de detección y optimizar el desempeño de los sensores para así lograr dispositivos confiables y accesibles.

Referencias

1. Dey, A., *Semiconductor metal oxide gas sensors: A review*. Materials Science and Engineering: B, 2018. **229**: p. 206-217.
2. Eranna, G., et al., *Oxide Materials for Development of Integrated Gas Sensors—A Comprehensive Review*. Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences, 2004. **29**(3-4): p. 111-188.
3. Zhu, L. and W. Zeng, *Room-temperature gas sensing of ZnO-based gas sensor: A review*. Sensors and Actuators A: Physical, 2017. **267**: p. 242-261.



Figura 10. Imagen de las nanoheteroestructuras jerárquicas en forma de *nanocapillos* de SnO₂, recubiertos de nanobarras de TiO₂, capaces de una separación de carga eficiente y un transporte rápido de los electrones hacia el sustrato [17]

4. Nithya Sureshkumar, A.D., *Environmental Gas Sensors Based on Nanostructured Thin Films*, in *Multilayer Thin Films - Versatile Applications for Materials Engineering*, S. Basu, Editor. 2020, IntechOpen.
5. Kumar, R., et al., *Zinc Oxide Nanostructures for NO₂ Gas-Sensor Applications: A Review*. *Nano-Micro Letters*, 2015. **7**(2): p. 97-120.
6. Hunter, G.W., et al., *Editors' Choice—Critical Review—A Critical Review of Solid State Gas Sensors*. *Journal of The Electrochemical Society*, 2020. **167**(3): p. 037570.
7. Liu, X., et al., *A Survey on Gas Sensing Technology*. *Sensors*, 2012. **12**(7): p. 9635 - 9665.
8. Comini, E., *Metal oxides nanowires chemical/gas sensors: recent advances*. *Materials Today Advances*, 2020. **7**: p. 100099.
9. Brattain, W.H. and J. Bardeen, *Surface Properties of Germanium*. *Bell System Technical Journal*, 1953. **32**(1): p. 1-41.
10. Brattain, W.H. and C.G.B. Garrett, *Surface properties of semiconductors*. *Physica*, 1954. **20**(7): p. 885 - 892.
11. Garrett, C.G.B. and W.H. Brattain, *Physical Theory of Semiconductor Surfaces*. *Physical Review*, 1955. **99**(2): p. 376 - 387.
12. Prabakaran Shankar and J. B. B. Rayappan, *Gas sensing mechanism of metal oxides: The role of ambient atmosphere, type of semiconductor and gases - A review*. *ScienceJet*, 2015. **4**(126): p. 18.
13. Raivo Jaanisoo, O.K.T., *Semiconductor gas sensors*. 2nd edition ed. 2019, United States of America: Elsevier.
14. Supab Choopun, N.H., Ekasiddh Wongrat, *Metal-Oxide Nanowires for Gas Sensors*, in *Nanowires - Recent advances*, X. Peng, Editor. 2012, IntechOpen.
15. Miller, D.R., S.A. Akbar, and P.A. Morris, *Nanoscale metal oxide-based heterojunctions for gas sensing: A review*. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2014. **204**: p. 250 - 272.
16. Fang, M., et al., *Hierarchical Nanostructures: Design for Sustainable Water Splitting*. *Advanced Energy Materials*, 2017. **7**(23): p. 1700559.
17. Miller, D.R., S.A. Akbar, and P.A. Morris, *Synthesis of Hierarchical SnO₂ Nanowire-TiO₂ Nanorod Brushes Anchored to Commercially Available FTO-coated Glass Substrates*. *Nano-Micro Letters*, 2017. **9**(3): p. 33.

Un siglo y una decena: la Universidad, la Nación e Hispanoamérica

Fabio Moraga Valle

Coordinación de Humanidades,
Facultad de Filosofía y Letras
Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX

fabiohis@gmail.com

La UNAM cumplió 111 años de su inauguración

El 4 de junio de 1920 se inició uno de los rectorados más míticos de la Historia de la Universidad Nacional. Había finalizado lo que se llamó la “etapa armada” de la Revolución Mexicana y el presidente interino, Adolfo de la Huerta nombró al abogado, filósofo y político, José Vasconcelos como rector de la principal institución de educación. El país comenzaba a salir de casi diez años de guerra civil que habían significado la Revolución Mexicana desde que el hacendado y político Francisco I. Madero escapara de la prisión y proclamara el Plan de San Luis en octubre de 1910. El mismo Vasconcelos afirmó que participó en la redacción del documento con el lema: “Sufragio efectivo no reelección”².

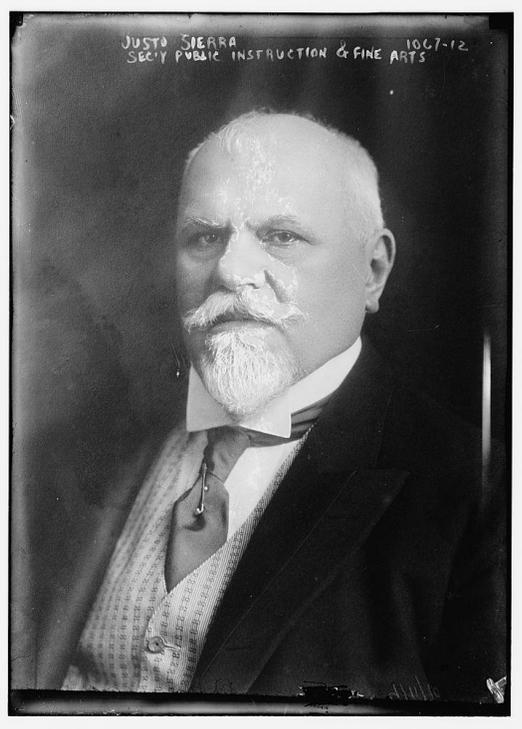


José Vasconcelos

Una vez consumada la independenciam en las antiguas colonias españolas, para las elites locales que se alinearon con el liberalismo comenzó una lucha: había que cumplir con los dictados de la “agenda de la modernidad”, mientras que para las que querían mantener el “antiguo régimen”, trataban de conservar los elementos de orden que habían caracterizado a la sociedad colonial. Esta agenda dictaba una serie de premisas para formar naciones y ciudadanos donde antes hubo reinos y colonias, súbditos y vasallos. Entre estas premisas estaba formar gobiernos republicanos, separar la Iglesia del Estado, redactar códigos civiles que regularan las relaciones de la sociedad civil y formar universidades donde la ilustración y la racionalidad primaran sobre la escolástica y la religión.

En México, la universidad fundada en 1557 –en los primeros años Colonia– era parte integrante de la Iglesia Católica. Después de la Independencia se convirtió, como en muchos países hispanoamericanos en esas décadas, en una rémora para el progreso social y político y en un refugio para las ideas conservadoras e incluso monarquistas. Por esta razón, durante el siglo XIX fue clausurada y reabierta en distintas ocasiones, hasta que llegó su clausura definitiva en 1865, por orden del emperador Maximiliano, durante la invasión francesa (1862-1867). Derrotado el conservadurismo, que había llamado a una potencia europea a instalar una monarquía, el presidente Benito Juárez, en vez de reabirla, fundó nuevas escuelas

profesionales como Jurisprudencia, Medicina y la Escuela Nacional Preparatoria en 1867. El intelectual positivista Justo Sierra presentó en 1881 ante la Cámara, un proyecto de ley con la finalidad de reinstalar la Universidad. El deseo del político y profesor de historia de la Preparatoria era, precisamente, apoyar el progreso desde la academia compatibilizando ciencia y religión. Pasaron casi tres décadas, y muchos cambios políticos y culturales, para que viera realizada su propuesta. **El 22 de septiembre de 1910**, Justo Sierra pronunció el discurso inaugural de la nueva Universidad Nacional de México: “Si no tiene antecesores, si no tiene abuelos, nuestra Universidad tiene precursores: el gremio y claustro de la Real y Pontificia Universidad de México no es para nosotros el antepasado, es el pasado”, y –ante el octogenario Porfirio Díaz- llamó a los intelectuales de la universidad a concretar para México las metas de “democracia” y “libertad”³.



Justo Sierra

Pero antes el maestro había propiciado el surgimiento de una nueva generación de jóvenes intelectuales que en las décadas siguientes nutrirían a la Universidad de filosofía ciencia y arte. Estos conformaron el Ateneo de la Juventud que reunió en sus filas a entonces jóvenes intelectuales como Antonio Caso y José Vasconcelos, Alfonso Reyes y Martín Luis Guzmán, entre otros⁴. Fue esta nueva generación, prohijada por Justo Sierra, la que tomaría la posta en la Universidad, después de

estabilizado el país. Pero antes había que poner a la institución a la altura de los desafíos de la época que se estaba inaugurando, por ello Vasconcelos encabezó una verdadera refundación de la Universidad.

En 1920 la situación por la que atravesaba México era crítica. El país había pasado por 10 años de guerra civil y en particular la Ciudad de México había sufrido el choque de distintos ejércitos: enfrentamientos, enfermedades y hambre en la población. Esta situación tuvo importantes efectos en la Universidad, tanto entre los profesores como entre los estudiantes: la situación de la institución era tan crítica como la de la nación y Vasconcelos pensó que podía mejorar a esta nación enferma desde la Universidad Nacional.

La Universidad y la paz social

Cuando Vasconcelos llegó a la rectoría estaba fogueado como intelectual y como político: había vivido conspiraciones, luchas y exilios durante varios gobiernos revolucionarios, y como intelectual, después de encabezar el Ateneo de México (continuador del Ateneo original), acababa de iniciar una nueva etapa al publicar sus *Estudios indostánicos*, donde anunciaba una nueva concepción social, política y cultural que lo proyectaría al resto del continente y que aportaría a la imagen de la Revolución en el campo cultural⁵.

En su discurso inaugural Vasconcelos rechazó la vieja universidad destinada a mantener a intelectuales encerrados en una torre de marfil y al rector a presidir ceremonias y otorgar medallas y doctorados sin sustento. El 4 de junio de 1920 resaltó:

Yo soy en estos instantes, más que un nuevo Rector que sucede a los anteriores, un delegado de la Revolución que no viene a buscar refugio para meditar en el ambiente tranquilo de las aulas, sino a invitaros a que salgáis con él a la lucha, a que compartáis con nosotros las responsabilidades y los esfuerzos. En estos momentos yo no vengo a trabajar por la Universidad, sino a pedir a la Universidad que trabaje por el pueblo⁶.

Desde ese momento el nuevo rector encabezó una enorme campaña para llevar la cultura al pueblo y así frenar las pasiones guerreras exarcervadas por la guerra revolucionaria.

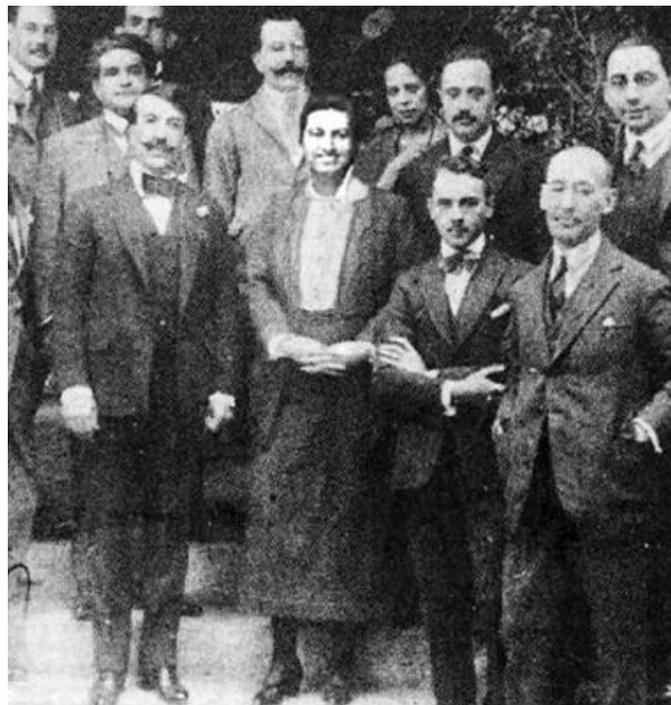
Para ello organizó una gran campaña alfabetizadora en que convocó a maestros misioneros voluntarios que enseñaran a leer al pueblo. Maestros, empleados, dueñas de casa, jóvenes estudiantes y todo el que supiera leer fue convocado a dar clases a los iletrados en escuelas, casas, ayuntamientos, iglesias, zaguanes y hasta al aire libre y debajo de los árboles. Los resultados no fueron los esperados, pero el rector había instalado una utopía que fue retomada en dos campañas alfabetizadoras posteriores.

Pero Vasconcelos no quedó satisfecho solo con la campaña alfabetizadora y desde la Universidad impulsó la creación de la Secretaría de Educación Pública, SEP. Entre diciembre de ese 1920 y julio de 1924 la encabezó con la propuesta de crear esa dependencia federal, necesaria para emprender un proceso de modernización de la educación, pero no contó con la popularidad necesaria. Durante el porfiriato, ante la ausencia del Estado, la educación —especialmente rural— fuera asumida por la Iglesia Católica. El gobierno de Carranza suprimió, por decreto del 30 de abril de 1917, la Secretaría, y la Educación fue postergada por la legitimidad que había adquirido la idea del municipio libre.

La labor de Vasconcelos era doble: debía federalizar y centralizar la educación, para crear un verdadero proyecto de nación e instruir a la gran masa de la población, fundamentalmente rural. Para ello, recorrió el país haciendo propaganda por lo que Claude Fell lo llamó el “ministro a caballo”⁸. La “federalización” de la educación implicaba una centralización, por ello el ministro recorrió el país haciendo propaganda de su iniciativa con el fin de aminorar las suspicacias que el proyecto despertaba entre los gobernadores locales y hacer aprobar la ley respectiva.

El 25 de julio de 1921, y luego de vencer muchos escollos políticos y legales, el presidente Obregón publicó el decreto que creó la SEP. Vasconcelos explicó este proyecto en la inauguración del edificio que había hecho construir ex profeso para la institución cargado de simbolismo: “Grecia, madre ilustre de la civilización europea de la que somos vástagos. España aparece en la carabela que unió este continente con el resto del mundo, la cruz de su misión cristiana y el nombre de Las Casas, el civilizador. La figura azteca recuerda el arte refinado de los indígenas y el mito de Quetzalcóatl. Finalmente, en cuarto lugar, el Buda envuelto en su flor de loto. “Como una sugestión de que en esta tierra y en esta estirpe indoibérica se han de juntar el oriente y el occidente, el norte y el sur, no para chocar y destruirse sino para combinarse y confundirse en una cultura amorosa y sintética.

La estrategia de Vasconcelos para legitimar su proyecto fue que en sus viajes se hizo acompañar de artistas e intelectuales que le daban realce a las giras, y a su vez, intentaba poner a éstos en contacto con ese México que nunca habían visto, a sus ex compañeros del Ateneo de la Juventud sumó algunos intelectuales extranjeros.



Mistral, Vasconcelos, Palacios y algunos Ateneístas

La creación de la SEP era un proyecto “civilizatorio” que pretendía “regenerar” a los desposeídos por medio de la educación. La idea de “regeneración” tiene sus raíces en la Ilustración y fue continuada cuando el positivismo se prestigió en América Latina como doctrina científica y política a partir de 1860. Desde inicios del siglo XX, la intelectualidad latinoamericana antioligárquica se movilizó tras esa idea de “regeneración del pueblo” creando escuelas para obreros y universidades populares.

La internacionalización de la UNAM

Vasconcelos llevó a su máxima expresión esa regeneración con la creación de las misiones culturales, donde amalgamaba la obra de los antiguos misioneros católicos de la Nueva España con la idea moderna de regeneración popular. Ello fue más explícito cuando convocó a los intelectuales y maestros

jóvenes para que se inscribieran como misioneros: "...se trata de una lucha mucho más noble que la triste necesidad de ir a matar hombres; se trata de ir a salvar hombres; no de apagar la vida sino de hacerla más luminosa... id a despertar almas, que cada una que se despeje será como una estrella que aparece en la tierra; alistaos en las filas de los maestros misioneros"⁹.

Una de las intelectuales más rutilantes en la campaña vasconcelista fue la poetisa chilena Gabriela Mistral. Ella llegó precedida de una meteórica fama a nivel internacional que había sido catapultada por escritores como el español Federico de Onís. En Chile había cultivado amistad con escritores como Amado Nervo y Enrique González Martínez y el filósofo ateneísta Antonio Caso. La poetisa y el rector filósofo coincidieron en muchos tópicos que están en esta refundación de la Universidad: la importancia de la herencia cultural española, la revaloración del pasado indígena, la importancia de llevar la cultura a las masas desposeídas y un universalismo que se vio reflejado en un proyecto de nación que no se encerraba dentro de las fronteras nacionales¹⁰.

El secretario hizo propaganda de su proyecto con un lenguaje utópico en el que hizo un símil con la obra de Bartolomé de Las Casas, ya que —según él— sólo se había imitado la estela destructora de Hernán Cortés. Esta fue otra coincidencia entre el secretario y la poetisa: parte de la obra de Gabriela Mistral dedicada a México no menciona al conquistador y sí al religioso, entre otros misioneros como Pedro de Gante, Motolinía, Vasco de Quiroga y el chileno Luis de Valdivia. Vasconcelos también era un intelectual ecléctico: criado por una madre profundamente católica, estudió en la Escuela de Jurisprudencia, y fue influenciado por las corrientes filosóficas místicas e hinduistas, que asumió de una forma que no chocaban con su cristianismo.

La posta alfabetizadora fue tomada por Jaime Torres Bodet, quien fuera secretario privado de Vasconcelos en 1920. Como secretario de Educación Pública, entre 1943 y 1946 y entre 1958 y 1964 Torres Bodet organizó otras dos campañas. Este legado de México y la UNAM lo llevaría a las latitudes más recónditas cuando fue nombrado director general de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO entre 1948 y 1952. Allí implementó no solo campañas alfabetizadoras, sino también "misiones docentes", inspiradas en las misiones culturales vasconcelistas⁷.

Con las contradicciones y desencuentros propios de los grandes intelectuales Vasconcelos y Mistral hicieron una formidable dupla que propagó los principios educativos posrevolucionarios por el mundo. Él, alejado del país en 1925 por las rencillas políticas y sus propios demonios, renació cuando asumió la dirección de la Biblioteca Nacional. Ella, errante por el mundo, siempre estuvo atenta a las peticiones del país que la acogió y a las de Jaime Torres Bodet en la UNESCO.



Gabriela Mistral en México lee poesía

La Universidad, fundada por Justo Sierra en 1910, fue refundada por José Vasconcelos en 1920, una vez terminada la parte más violenta de la Revolución Mexicana. El rector le dio carácter de institución encargada de la reconstrucción nacional y de la formación de una nación que integrara a campesinos e indígenas a través de la educación y conectara a México con el mundo a través de la educación.

El nuevo escudo de la Universidad Nacional de México resume las ideas vasconcelistas de unidad cultural indo-española: tiene un águila mexicana y un cóndor andino que protegen el mapa de América Latina y plasma la unificación de los pueblos iberoamericanos: "por mi raza, hablará el espíritu".

Referencias

¹ Coordinación de Humanidades, los datos usados en este artículo son parte del proyecto de investigación “Inclusión y Exclusión Social en el Sistema Educativo Nacional. Organización, Cobertura y financiamiento, 1921-1964.

² José Vasconcelos, *Ulises criollo*, 1935, edición de EPUB, 2019, p. 579.

³ Justo Sierra, *Obras Completas. Discursos*, tomo V. México, UNAM, 1948. pp. 418-428.

⁴ Juan Hernández Luna, *Conferencias del Ateneo de la Juventud*, México, UNAM, 2000.

⁵ Fabio Moraga Valle, “Reforma desde el sur, revolución desde el norte El Primer Congreso Internacional de Estudiantes de 1921”, *Estudios de Historia Moderna Y Contemporánea de México*, 27, 2013, p. 168.

⁶ José Vasconcelos, “Discurso de toma de posesión como rector de la Universidad nacional”, 4 de junio de 1920.

⁷ Fabio Moraga, “Educación y paz: de la Revolución Mexicana a las campañas de alfabetización de la UNESCO, 1921-1964”, *Cuadernos Chilenos de Historia de la Educación*, 13, 2020.

⁸ Claude Fell, *José Vasconcelos: los años del águila (1920-1925)*, México, UNAM, 1989.

⁹ José Vasconcelos, “Invitación a intelectuales y maestros para que se inscriban como maestros misioneros”, *Boletín de la Secretaría de Educación Pública*, 1923.

¹⁰ Fabio Moraga Valle, “Lo mejor de Chile está ahora en México, ideas políticas y labor pedagógica de Gabriela Mistral en México (1922-1924)”, *Historia Mexicana* N° 251, 2014.



La salud mental en tiempos de Covid-19 (y el aislamiento social)

Mariana Gutiérrez Lara

Facultad de Psicología, UNAM.
Circuito Ciudad Universitaria Avenida, C.U., 04510
Ciudad de México.

marianagutierrezlara@gmail.com

Eventos como el que estamos viviendo nos recuerdan que experimentamos situaciones estresantes todo el tiempo, si entendemos que “lo estresante” puede ser cualquier evento físico o social que provoca una respuesta de nuestro organismo. De hecho, quien acuñó el término estrés lo definió como “la respuesta no específica del cuerpo a cualquier demanda que sobre él se ejerce” (Selye citado en Barrio y colaboradores, 2006, pag. 38), ahora tenemos claro que esas respuestas son fisiológicas, cognitivas y conductuales, y tienen como objetivo alterar el evento estresante o adecuarse a sus efectos (Van Baum, citadp en Taylor, 2003). Intentar eliminar por completo el estrés es (además de poco realista) peligroso, ya que tiene una función adaptativa al permitirnos estar alertas y reaccionar, ya sea defendiéndonos o huyendo según la evaluación que hacemos del evento (Kennedy, 2003). Esto es, cuando vivimos un evento estresante, lo primero que hacemos es evaluarlo como irrelevante, benéfico, amenazante o como un desafío que queremos enfrentar (evaluación primaria). Después evaluamos los recursos que tenemos para hacerle frente a nivel, personal y social (evaluación secundaria) (Lazarus y Folkman, 1986).

¿Por qué es importante la valoración que hacemos de los eventos que vivimos?

Regueiro y León (2003), al estudiar la respuesta de 154 personas ante eventos estresantes, encontraron que quienes evalúan los eventos como amenazantes y se perciben con pocos recursos para enfrentarlos, experimentan mayor intensidad de emociones negativas o desagradables (por ejemplo, ansiedad) y por lo tanto tienen más consecuencias negativas (problemas de salud o conflictos con los demás). En el caso de la pandemia de covid-19, podemos señalar que más allá del evento mismo (enfermedad contagiosa que tiene una serie de síntomas respiratorios que requiere hospitalización y cambios importantes en la calidad de vida de manera temporal en la mayoría de las personas), la evaluación que hacemos de ésta y de los recursos con los que contamos para vencerlo, tendrá implicaciones en relación a cómo vamos a vivir el proceso.

Pero aún más, considerando que la mayoría de la población no estamos enfermos, en realidad a lo que le quiero poner atención es al confinamiento o aislamiento social que nos han pedido las instituciones de salud, para no contagiarnos y enfermarnos. Es decir, el evento a describir no es el COVID-19 sino a la recomendación de permanecer en nuestras casas cambiando nuestros hábitos y estilo de vida. Esto en sí ya es un evento que puedo describir como una “experiencia” o una “crisis”, dependiendo si lo califico como una amenaza o un desafío/reto y si considero que tengo recursos personales y sociales para hacerle frente. Anteriormente describimos que a partir de esta evaluación tendremos una serie de reacciones emocionales de diferente intensidad, ya que no es lo mismo que me sienta preocupado(a) a que me sienta ansioso(a) o “apanicado(a)”. Y tampoco es lo mismo que la convivencia 24 horas del día con algunas personas me provoque enojo en algún momento del día o que sienta “ira”, ¿cierto? Se trata de dos emociones diferentes, con resultados distintos, ya que la segunda puede llevarme a desarrollar conductas que tengan consecuencias negativas para mí y los otros. Más adelante recuperaremos el tema de las emociones.

Ahora, ¿por qué describimos este evento como algo negativo y nos sentimos en una crisis?

Seguramente porque estamos generando pensamientos “negativos” de amenaza, pérdida, desesperanza, catástrofe... en resumen... tenemos pensamientos pesimistas tipo “esto es terrible”, “todo está mal”, “no podré superarlo”, “no hay solución”, “no deberíamos pasar por esto” y esto nos provoca malestar emocional. Especialistas a nivel internacional han identificado que lo que pensamos, nos lleva a sentir y ambos: pensamiento y emoción, nos llevan a actuar (Skinner y Brewer, 2002).



Cuando llegemos a las sugerencias hablaremos más sobre las conductas. Por lo pronto, regresemos al evento que nos ocupa. No hay manera que pensemos que la pandemia de COVID-19 (y el aislamiento social) es un evento agradable que hubiéramos elegido experimentar, evidentemente es un evento desafortunado; sabemos que tiene consecuencias económicas, familiares, sociales, etcétera, pero no podemos negar que la intensidad de las emociones que experimentamos ante este hecho tiene que ver con la “intensidad” de mis pensamientos. Si lo pienso como un cambio en mi estilo de vida, como una situación que no me gusta pero puedo manejar, como un alto a mis proyectos, como un evento que va a terminar, evidentemente me puedo sentir: triste, preocupado, tenso y/o enojado, lo cual es perfectamente normal (adaptativo), pero si lo pienso como una amenaza a mi estilo de vida, como una situación que no puedo manejar, como el fin mis proyectos, como una catástrofe que no va a terminar, entonces las emociones van a ser más intensas: depresión, ansiedad, ira, etc.

Anteriormente habíamos señalado que los pensamientos y emociones generan conductas, en este caso y tal como lo vemos en la figura anterior; pensamientos y emociones “negativas” generan conductas con consecuencias negativas (comer en exceso). De la misma manera cuando evaluamos el evento como desafío o reto y tenemos pensamientos que no son catastróficos o de derrota, esto nos lleva a emociones cuya intensidad no es tan desproporcionada y nuestra conducta es más adaptativa, por ejemplo, ponernos a trabajar con las

condiciones que existen (Bandura, 1987). Con frecuencia escuchamos que lo que importa no es lo que pasa, sino cómo tomamos lo que pasa y eso es justamente el resumen de lo que aquí se ha dicho.

Lo siguiente es: **¿y qué hacemos con esto?** Me parece que lo relevante es ponerme en acción, cómo dicen por ahí: no preocuparme, sino ocuparme. Efectivamente para salir de un círculo vicioso que me genera más malestar conviene pasar a un círculo virtuoso en donde de manera intencional cambie a pensamientos positivos, que me lleven a emociones más adaptativas para que me encuentre dispuesto a desarrollar conductas en beneficio mío y de los demás. Cambiemos la figura entonces:



Hay que poner atención en que aún cuando la emoción no es positiva (por ejemplo: alegría, felicidad, etc.) me permiten ponerme en acción enfocándome a enfrentar mejor el evento.

También hay que enfatizar que no menciono alguna conducta enfocada a cambiar la situación, porque en este caso **YO NO CONTROLO LO QUE ESTÁ PASANDO**, por lo tanto, no lo puedo cambiar. Lo que sí puedo cambiar es qué hago **ANTE LO QUE ESTÁ PASANDO**. Esto me parece importante tenerlo en cuenta porque a veces los pensamientos que se generan ante algún evento vital están relacionados a controlar o cambiar lo que no me gusta y, al no lograrlo, esto genera emociones negativas exacerbadas. Parte de la salud mental descansa en el reconocimiento de que la vida tiene momentos felices o agradables y otros que no lo son, es decir, que no estamos permanentemente en un estado de bienestar, pero tampoco de malestar (Ellis, 2010).

Aquí quiero hacer otro señalamiento: no es buena idea evadir lo que está pasando porque lejos de resolver la situación puedo generarme más problemas o inconvenientes. Específicamente quiero hacer mención a que algunas personas deciden evadirse consumiendo alcohol y/o drogas bajo el argumento de que durante el periodo de intoxicación se alejan de la realidad que no les gusta. Sin embargo, la mayoría de los consumidores reconocen que esta pérdida de conciencia temporal en realidad los hace sentir peor posteriormente y lo más importante: ¡el evento estresante sigue ahí!

Hasta el momento hemos hablado del proceso individual, como si esto me estuviera pasando a mí solamente, ¿qué pasa con los demás? La respuesta es que pasa TODO con los demás, porque en realidad mi forma de pensar (y por lo tanto de sentir) y mi forma de actuar está muy relacionada con la forma de ser de mi grupo social, porque las hemos aprendido y las seguimos aprendiendo de los otros. Somos seres sociales que al momento de relacionarnos compartimos ideas, creencias, expectativas, es decir, pensamientos, que incluso transmitimos de generación a generación, igual que aprendemos a comportarnos de cierta manera. Esa es otra razón por lo que hay que detenernos a identificar cómo enfrentamos nuestros eventos vitales: la gente a nuestro alrededor puede aprender lo que estamos haciendo (sobre todo niños y adolescentes).

Regresando al tema del COVID-19 (y del aislamiento social), es innegable que se están compartiendo pensamientos, emociones y conductas al respecto, TAMBIÉN ESTO SE CONTAGIA, sobre todo reconociendo que nuestra cultura es afiliativa, es decir basada en relaciones de afecto y cercanía (Díaz-Guerrero, 1999), por lo tanto, se comparte todo. Esta característica muy propia de nuestra cultura hace más difícil el aislamiento social. Nos gusta estar cerca y nos gusta más abrazarnos y besarnos, es decir, “apapacharnos” y en este momento que nos piden que mantengamos la “distancia social”, nos cuesta trabajo, tal vez lo doble de lo que les cuesta a otras culturas que no son afiliativas.

Entonces... ¿qué podemos hacer para atender nuestra salud mental durante esta etapa de aislamiento social?

A continuación, algunas recomendaciones:

1) Identificar nuestros pensamientos: parar y pensar

Si ya comentamos que lo que pensamos dirige nuestras emociones y conductas, es importante revisar en qué estoy pensando, es decir, pensar en nuestro pensamiento. Tal vez no estoy acostumbrado a hacerlo, tal vez debo iniciar a aprenderlo: ¡nunca es tarde! y traerá muchos beneficios no solo durante esta etapa. Al revisar lo que estoy pensando, puedo dirigir mi conducta hacia lo que me proporcione mayor bienestar.

En este momento que cambió la rutina, puedo aprovechar para **PARAR Y PENSAR...** un ejercicio para hacerlo es preguntarte cómo te sientes y en qué estás pensando. Una vez

que se identifique el pensamiento, si consideramos que es muy extremo o negativo, intentar cambiarlo por una expresión más adaptativa o incluso más realista.

PENSAMIENTO EXTREMO:

"ESTO NO LO PODRÉ SUPERAR"

PENSAMIENTO ADAPTATIVO/REALISTA:

"ESTO PASARÁ Y PODRÉ CONTINUAR"

Como se puede observar, no escribí: “Esto no está pasando”, porque negar los hechos tampoco ayuda, al contrario, se trata de cambiar los pensamientos por otros menos extremos y más realistas. En este ejemplo lo real es que todo pasa, nada permanece, al contrario, todo cambia, ¿cierto?

Otra manera de cambiar pensamientos, es modificando el problema por la solución, es decir, poner opciones alternativas a lo que me está molestando, preocupando, etc. y encontrar la evidencia con respecto a este pensamiento alternativo. En el caso del COVID-19 (y el aislamiento social) ningún especialista ha dicho que el evento permanecerá indefinidamente, al contrario, han señalado una fecha aproximada en que podemos regresar a nuestra vida normal.

2) Atención a los cambios de hábitos

Con frecuencia hemos oído que estamos durmiendo poco, que se alteró nuestro hábito de sueño, que estamos comiendo más, que estamos sin hacer nada mucho tiempo o al contrario que estamos en movimiento todo el día sin parar. En este caso es importante señalar que los hábitos los determina uno mismo, es posible que al principio de un cambio de vida como cuando empezó el aislamiento, “me deje llevar” pero conforme pasa el tiempo, es mi decisión regresar a una rutina que me beneficie: con un horario en donde se atiendan todas las áreas de mi vida. Es mi responsabilidad, mi autocuidado. Sobre todo, ahora que estamos en casa todo el tiempo o por lo menos más horas de las habituales, puedo atender: alimentación, sueño, descanso, trabajo, etc. El punto es que todo lo haga de manera moderada, sin exagerar o sin minimizar, esto es lo que realmente llamamos AUTOCUIDADO.

3) Evitar la sobreinformación

Ya habíamos mencionado que los pensamientos y las emociones se contagian, así que es importante tomar con precaución lo que escucho y veo y no dejarme embargar de pensamientos pesimistas. Si bien es cierto que es importante estar informados y atender la TV, el radio y las redes sociales, debemos cuidar cuánto tiempo estamos atendiendo las noticias y sobre todo qué tipo de información consumimos, sabemos que no todo es verídico y que la información “alarmista” o “amarillista” nos provoca más daño que beneficio.

Con respecto a las personas que están a nuestro alrededor pasa lo mismo, sabemos que algunos son más pesimistas que otros, que se está compartiendo información en redes que lejos de ayudar provoca más malestar, así que seamos selectivos y analicemos con atención la información que recibimos y, sobre todo: Identifiquemos en qué pensamos y cómo nos sentimos después de recibir cierta información, para regularla. Una vez más, no se trata de pensar que no está pasando nada, pero recordemos que no ayuda contagiarnos de pensamientos catastróficos.

4) Realizar actividades que me hagan sentir bien

Si bien es cierto que estamos limitados para realizar actividades que nos gustan por estar en confinamiento, también es cierto que podemos hacer algunas (que tal vez, en lo cotidiano, no nos da tiempo). En las redes se ha dicho que podemos cocinar, ver series, leer, oír música, hacer ejercicio, jugar juegos de mesa, cantar, bailar, hacer ejercicio y un gran etcétera, mi sugerencia es que dediquemos tiempo a lo que NOS GUSTA Y NOS HACE SENTIR BIEN O MEJOR y que intencionalmente lo hagamos por lo menos una vez al día, esto también es AUTOCUIDADO.

No quiero dejar de dar una recomendación sencilla pero muy poderosa para sentirme mejor cuando experimento ansiedad: respirar profundamente, colocando mi mano derecha sobre mi abdomen y mi mano izquierda sobre mi pecho, para sentir como inflo mi abdomen cuando inspiro y como se desinfla cuando espiro lentamente. Esa es la manera de saber que estoy haciendo una respiración profunda, más allá de mi pecho. Conviene hacerlo de 3 a 5 veces lentamente. Para ver ejemplos de respiración abdominal o diafragmática ver: <https://www.youtube.com/watch?v=TuPaMCsnxes>

5) Aprovechar estar con la familia

En las redes sociales hay una gran cantidad de memes en donde se describe cómo nos sentimos de estar las 24 horas con nuestra familia y hemos bromeado mucho en relación a lo complicado que puede estar compartir el espacio, de manera frecuente utilizamos el humor para enfrentar la adversidad y el reírnos nos permite tomar los hechos de manera más liviana. Pero creo que una de las lecciones que nos está dando este evento es que nos hemos alejado de los que están cerca, estamos demasiado ocupados, preocupados y concentrados en cubrir necesidades económicas y nuestras relaciones se pudieron haber vuelto superficiales. Me parece que es el momento de reconocernos, de volver a identificar puntos en común, de aprovecharnos para aprender del otro y sobre todo de mostrar nuestro afecto “con susana distancia”.

En el caso de los que viven con niños, adolescentes o adultos mayores, puede ser el momento de “atenderlos realmente”, de dedicarles calidad y cantidad de tiempo, de conversar sobre lo importante y enseñarles a los más jóvenes cómo creo que se debe superar la adversidad sobre todo con el ejemplo.

También es el momento de atender a los que están lejos, utilizar la tecnología para “conectarnos” con las personas que son importantes, esa es una forma más racional de aprovechar los dispositivos electrónicos: expresando afecto, ofreciendo apoyo, compartiendo información y pidiendo ayuda.

6) Proyectar a futuro

El evento que nos ocupa en este momento y sus probables consecuencias nos obligan a generar estrategias creativas para superar la adversidad. Si algo podemos hacer ahora que estamos detenidos es planear y buscar soluciones, pensar en nuevas opciones, organizar un plan de acción. Está claro que quien sale mejor librado de “los eventos negativos de vida” son los que se concentran en buscar soluciones al mismo tiempo que tratan de regular sus emociones, esto es lo que se ha llamado Resiliencia, un término que está de moda (Cyrulnik, 2001). También funciona buscar a otros para hacer una red de apoyo. Está demostrado que quien se acompaña de otros, también sale mejor librado, no sólo porque dos (o más cabezas) piensan más que una, sino porque el sentirse acompañado o hacer equipo, modifica el estado emocional.

Cuando hablamos de generar estrategias creativas, nos referimos a pensar NUEVAS o DIFERENTES soluciones a lo que nos está preocupando, esto nos lleva a flexibilizarnos, es decir, a tener una “mente más abierta”, a pensar diferente porque las condiciones en las que estamos son diferentes. Requerimos primero hacer una “lluvia de ideas” y después evaluar cada idea en relación a los beneficios y costos que tendríamos si la llevamos a cabo. Implica pensar en metas realistas a corto, mediano y largo plazo, ¿por qué digo REALISTAS? Porque si son metas que realmente puedo lograr/alcanzar, aunque sean “pequeñas”, eso me motivará para plantearme otras.

No quiero olvidar mencionar los tres elementos de la motivación: flexibilidad, optimismo y persistencia.

No olvidemos que lo importante lleva tiempo y esfuerzo, así que necesitamos persistir, mantenernos en la tarea, aunque haya obstáculos. Y lo más importante: intentar mantenernos optimistas, no ceder al pesimismo propio o ajeno porque eso no sirve al contrario me aleja de las metas.

7) Buscar ayuda profesional

Reconocer que no podemos solos y necesitamos ayuda es un acto de valentía. En ocasiones podemos sentirnos rebasados, bloqueados o sin recursos y luego pasa; pero cuando vemos que transcurren días y meses y me siento igual, vale la pena buscar la ayuda de un psicólogo que nos acompañe a encontrar el camino... no me va a resolver mis problemas... me va a acompañar para que encuentre las soluciones. Me va a dar un espacio privado (aunque sea virtual por el momento) para que pueda hablar de lo que me importa, me va a escuchar sin emitir juicios y me va a hacer preguntas que me ayuden a entender lo que me pasa y hacia dónde puedo dirigirme.

Dejo tres opciones de atención psicológica por teléfono que han sido probadas y evaluadas positivamente:

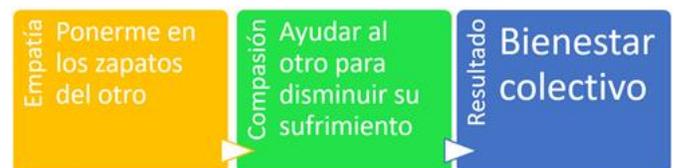
-Call center de la Facultad de Psicología: 50250855

-Psicólogos sin fronteras México y centro de intervención en crisis: 5547388448

-Saptel (servicio psicológico por teléfono): 52598121

8) Ayudar a los demás

Una investigación a nivel internacional ha comprobado que realizar actividades altruistas, de apoyo a otros sin esperar nada a cambio a partir de actitudes empáticas y compasivas, nos genera bienestar personal (Ricard, 2020). Cuando nos enfocamos en ayudar a los demás no solamente generamos pensamientos constructivos, creativos y positivos, sino que además nos mantiene motivados y nos ayuda a regular nuestras emociones. Además, nos aleja de “influencias negativas” y de conductas destructivas y autodestructivas. Todas estas razones son suficientes para ser altruistas ¿cierto?, obtenemos más de lo que damos, no importa qué sea... beneficia más a quien da que a quien recibe. Hoy por hoy, ser empáticos y compasivos URGE, sentirnos parte de la solución nos conviene a todos y completar la fórmula nos ayudará a superar las dificultades:



Resumiendo

No tenemos control sobre todo lo que ocurre en nuestra vida. La manera de enfrentar lo que nos toca vivir es sumamente importante y para ello requerimos identificar pensamientos y emociones, para que nuestras acciones sean benéficas para nosotros y para los demás. Aun en situaciones estresantes, como la que estamos viviendo, podemos desarrollar acciones que nos hagan sentir mejor y nos ayuden a describir lo vivido como experiencia de aprendizaje, siendo una de las más importantes ayudar a otros, ya que esto nos hace crecer como personas y avanzar como comunidad.

Referencias

- Bandura, A. (1987). *Pensamiento y acción*. Edit. Martínez Roca.
- Barrio, J.A.; García, M.R.; Ruiz, I.; Arce, A. (2006). El estrés como respuesta. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, vol. 1, núm. 1, pp. 37-48.
- Cirulnik, B. (2001). *La resiliencia: Una infancia infeliz no determina la vida*. Edit. Gedisa.
- Díaz-Guerrero, R. (1999). *La psicología del mexicano*. Edit. Trillas.
- Ellis, A. (2010). *Cómo controlar la ansiedad antes de que lo controle a usted*. Edit. Paidós.
- Kennedy, M. E. (2003). The psychobiology of stress. *Current directions*, 12, 124-129.
- Regueiro, Rocío; León, Orfelio G. (2003). Estrés en decisiones cotidianas. *Psicothema*, vol. 15, núm. 4, pp. 533-538.
- Ricard, M. (2020). *Empatía, altruismo y compasión*. Recuperado en: <https://www.matthieuricard.org/es/blog/posts/empatia-altruismo-y-compasion>
- Skinner, N. & Brewer, N. (2002). The dynamics of threat and challenge appraisals prior to stressful achievement events. *Journal of Personality and social Psychology*, 83, 678-692.
- Taylor, S. (2003). *Psicología de la salud*. México: McGraw-Hill.

De Ciencia, Guerra... y algo más

Benjamín Ruiz Loyola¹

Facultad de Química, UNAM
Cto. Escolar S/N, C.U., Coyoacán, 04510
Ciudad de México, CDMX

rloyola@unam.mx

Benjamín Ruiz Loyola fue colaborador de la comisión de la ONU, llamada UNMOVIC, en Irak, en el año 2003, actuando como inspector de armas químicas

El 28 de julio de 2014 se conmemoraron 100 años del inicio de la entonces llamada *Gran Guerra*, que después fuera renombrada como Primera Guerra Mundial. Este conflicto armado duró desde la fecha indicada hasta el 11 de noviembre de 1918. El detonante para este conflicto fue el asesinato del archiduque Fernando de Austria, perpetrado por Gavrilo Princip (nacionalista serbio) el 28 de junio del mismo año, en Sarajevo. Esto desencadenó una serie de eventos, tales como el ultimátum dado al Reino de Serbia por el imperio Austro-Húngaro quienes, en pocas semanas, llevaron a la declaración de guerra entregada a Serbia por los austro-húngaros (el ya citado 28 de julio) y la rápida generalización de las hostilidades.

En este artículo trataremos varias cuestiones científicas asociadas a esta guerra. Comenzaremos con la historia de un hombre que recibió el premio Nobel, pero que durante la guerra fue cruel. Nos referimos a Fritz Haber, quien fuera coautor del conocido proceso Haber-Bosch, mismo que permite sintetizar amoníaco a partir de los elementos nitrógeno (el más abundante en nuestra atmósfera) e hidrógeno. Este logro permitió a la humanidad disponer de fertilizantes sintéticos, explosivos y otros productos químicos basados en el amoníaco. También le valió a Haber recibir el premio Nobel en 1918. No obstante, la relación de Haber con la guerra fue totalmente distinta.



Primera Guerra Mundial

El 22 de abril de 1915, en las afueras de Ypres (en Bélgica), después de una espera de varios días, las condiciones meteorológicas fueron finalmente las adecuadas para poner en práctica una de las ideas de Haber: lanzar gases tóxicos contra las líneas enemigas². A su orden se abrieron las válvulas de más de 500 cilindros cargados con cloro (más de 160 toneladas). Con esto, se generó una nube venenosa de gran extensión, constituyéndose así el primer ataque masivo con productos químicos tóxicos en una confrontación bélica dentro del mundo moderno³. Nació entonces la guerra química moderna y, al mismo tiempo, una paradoja: ¿El padre de la guerra química recibió también el premio Nobel por un desarrollo a favor de la humanidad? Aunque su proceso pretendía ayudar a Alemania a ganar la guerra (para dejar de depender del guano importado de Chile para fertilizar sus campos), resultó ser un gran avance científico del que se beneficiaría el mundo entero.

No es que el empleo de sustancias químicas tóxicas fuera algo nuevo, ya en el pasado se les había empleado como método combativo (desde tiempos tan remotos como la guerra entre Esparta y Atenas, cuatro siglos antes de nuestra era). Lo que sí, fue la primera de muchas aplicaciones dentro de las guerras del siglo XX. Esto provocó que dicho método de guerra se generalizara y que todas (o casi todas) las partes involucradas hicieran uso de su propio arsenal químico. Entre la gran variedad de sustancias utilizadas pueden destacarse:

Cloro, gas amarillo verdoso de olor picante a blanqueador. Puede reaccionar con el agua de las células de los pulmones y del tracto respiratorio generando, entre otras sustancias, ácido clorhídrico. Provoca tos, vómitos, asfixia, así como irritación severa en los ojos. Produce una muerte rápida, incluso a concentraciones relativamente bajas.

Fosgeno, gas incoloro con un olor dulzón, parecido al del pasto recién cortado. Su densidad es mayor a la del aire y por eso permanece a la altura del suelo (razón por la cual, fácilmente podía ingresar a las trincheras en tiempos de guerra). Es posible detectar su característico olor a concentraciones bajas (mismas que ya resultan ser sumamente peligrosas). Reacciona con las proteínas de los alveolos pulmonares provocando tos, irritación en ojos y garganta, dificultad para respirar y, finalmente, la muerte. Sus efectos pueden ser retrasados hasta por 48 horas, generando acumulación de líquidos en los pulmones y muerte por asfixia. Se calcula que el 85 % de los fallecimientos durante la Primera Guerra Mundial fueron causados por el fosgeno, mismo que era frecuentemente mezclado con cloro.

Mostaza, líquido volátil que cambia su color y olor de acuerdo a su pureza. Desde incoloro y casi inodoro, hasta café obscuro (pasando por amarillo-dorado) y con un olor semejante al del ajo, el rábano o a la mostaza. Se trata de un agente irritante y vesicante (genera ampollas grandes y muy dolorosas) que afecta a los ojos, el tracto respiratorio y la piel, causando quemaduras químicas intensas. Su mortalidad fue muy baja (entre 2 y 3 % de las bajas totales por armas químicas en esa guerra), pero altamente incapacitante. Las quemaduras tardan mucho tiempo en sanar y dejan al soldado afectado débil y necesitando cuidados muy especiales⁴. Su primer uso fue en 1917 (12 de julio), por parte de los alemanes, contra tropas francesas, nuevamente en Ypres.

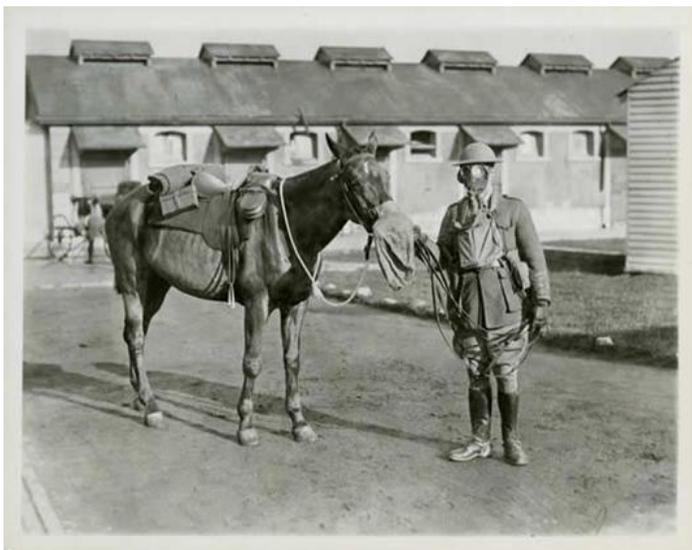


Ante la proliferación de ataques con productos químicos tóxicos hubo la necesidad de proporcionar protección a los soldados en el frente de batalla. Es entonces que se desarrollaron las primeras máscaras contra gases. Paradójicamente, uno de los primeros investigadores que ayudó a desarrollarlas fue el mismo Fritz Haber. Es interesante conocer que los soldados no fueron los únicos provistos de dicha protección, también lo fueron los caballos y los perros.





En los años posteriores, después de finalizado el conflicto, se buscó eliminar la amenaza de las armas químicas. Se firmó, en 1925, el Protocolo sobre la prohibición del empleo en la guerra de gases asfixiantes, tóxicos o similares y de medios bacteriológicos, también llamado Protocolo de Ginebra. Esto no impidió que se siguiera haciendo investigación para desarrollar dichas armas.



Las bajas por el uso de armas químicas fueron cuantiosas; por ejemplo, las tropas británicas tuvieron más de 180 000 (entre decesos e inhabilitaciones), mientras que Rusia informó de 500 000. Los ejércitos combatientes no fueron los únicos afectados y, como siempre ocurre, la población civil también sufrió a causa de las armas químicas empleadas. Alrededor de 250 000 civiles fueron directamente afectados por los compuestos tóxicos durante el conflicto, en tanto que decenas de miles más sufrieron estragos durante los años posteriores a la finalización de la guerra⁵.

Después de la Primera Guerra Mundial

En pleno apogeo de Hitler dentro del gobierno alemán, se descubrieron y desarrollaron nuevos compuestos tóxicos aún más terroríficos que los ya descritos. Nos referimos a los agentes neurotóxicos. Afortunadamente, nadie hizo uso de esta clase de armamento durante la Segunda Guerra Mundial, aunque sí existen varios conflictos en los que se han empleado. Los más conocidos son la guerra entre Irán e Irak, durante la década de los años ochenta; el ataque a la población kurda, por parte del gobierno de Saddam Hussein, en 1988, y los ataques en Siria, que aún en estas fechas siguen sucediendo.

Ahora, más de un siglo después del inicio de la primera Gran Guerra, el mundo sigue bajo la amenaza del empleo de armas químicas. Si bien es cierto que la Convención para la Prohibición de las Armas Químicas (CAQ o CWC, por sus siglas en inglés) ha supervisado la destrucción de más del 90 % de los arsenales de este tipo, también lo es que en los años recientes (2018) se registró la existencia de un arma no registrada antes. Su existencia ya se suponía, pero no se había comprobado. El brazo ejecutor de la CWC, la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (OPAQ u OPCW, por sus siglas en inglés) hizo investigaciones y se llegó al consenso de modificar el texto de la CWC para incluir la prohibición de esta nueva clase de arma química, conocida como Novichok.

Referencias

¹ Benjamín Ruiz Loyola colaboró en la comisión de la ONU, llamada UNMOVIC, en Irak, en el año 2003, actuando como inspector de armas químicas.

² Si bien las fuerzas armadas francesas utilizaron gases lacrimógenos contra el ejército alemán en agosto de 1914, el hecho de haber sido un ataque limitado, los pocos efectos logrados y la baja toxicidad de estos gases hacen que no se considere ese acto como el inicio de la guerra química. Lo mismo puede decirse del empleo por parte de los alemanes de una sustancia estornutatoria empleada contra las fuerzas francesas en octubre del mismo 1914.

³ Se calcula que en este ataque hubo más de 5 000 fallecimientos y 15 000 lesionados de seriedad.

⁴ Recordemos que en esa época no se tenían las tecnologías modernas para el tratamiento de quemaduras, ni antibióticos para tratar o prevenir infecciones.

⁵ Durante esta guerra hubo avances tecnológicos de gran importancia, como la aparición de los tanques blindados, de los motores que usan diésel como combustible, así como la telegrafía sin hilos, que más adelante derivó en el teléfono.

Libro CIENCIA Y GUERRA. El pacto secreto entre la astrofísica y la industria militar, Neil deGrasse Tyson y Avis Lang, primera edición, Ediciones Culturales Paidós, 2019.

Determinación de la composición verdadera de películas de perovskita con cationes mixtos

Carina Pareja-Rivera y Diego Solis-Ibarra

Instituto de Investigaciones en Materiales,
Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX

diego.solis@unam.mx
[Twitter: @PerovskitesMX](https://twitter.com/PerovskitesMX)

Los dispositivos fotovoltaicos (PV) convierten la energía solar en electricidad y son candidatos prometedores para compensar las emisiones de gases de efecto invernadero. También proporcionan una alternativa para satisfacer la creciente demanda de consumo de energía. Varias tecnologías fotovoltaicas han ayudado a configurar el entorno de las fuentes de energía renovables.^[1]

Desde que se inventaron las celdas solares de silicio cristalino, en la década de 1950, se han desarrollado una gran variedad de materiales absorbentes de luz solar. Estos incluyen semiconductores policristalinos o amorfos de película delgada, nanopartículas semiconductoras, complejos metálicos y semiconductores orgánicos. A pesar de los numerosos esfuerzos, estas tecnologías emergentes han luchado para ponerse al día con las ventajas que ofrece el silicio.^[2]

En pocos años, las celdas solares de perovskita (PSC) han logrado un progreso impresionante y alcanzado buenas eficiencias máximas de conversión de energía (PCE); pasando de apenas 3.8 %, en 2009, hasta 25.5 %, en 2020.^[3-5]

“Las perovskitas representan la tecnología emergente más prometedora en celdas solares”

A pesar del gran desarrollo de las PSC y la atención mediática que ha sido atraída a razón de su alto rendimiento, se han buscado alternativas para seguir mejorando su eficiencia y estabilidad al medio ambiente.

¿Qué es una perovskita?

Históricamente, el término "perovskita" hacía referencia al mineral de titanato de calcio, con fórmula CaTiO_3 y una estructura cristalina que se ha denominado y convertido en la *estructura de perovskita*. Actualmente, las "perovskitas" se asocian con compuestos que tienen una fórmula química general ABX_3 , donde A y B son cationes y X es un anión (véase la Figura 1). Está compuesta de una estructura octaédrica de BX_6 , donde B es un metal en estado de oxidación 2+, como Pb, Sn, Ge, etc. y en el caso específico de las perovskitas de haluro, X es ocupado por Cl^- , Br^- , o I^- . Estos octaedros, al compartir sus vértices, forman huecos donde albergan el catión A que usualmente es ocupado por Cs^+ , Rb^+ , K^+ , metilamonio (MA^+) y formamidino (FA^+).^[6]

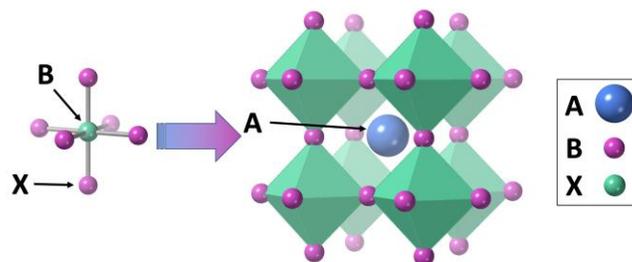
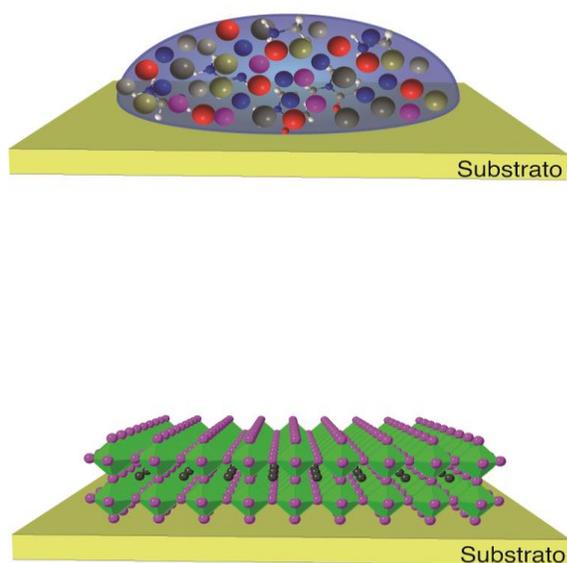


Figura 1. Estructura cristalina tipo perovskita con fórmula general ABX_3

Celdas solares de perovskita

La perovskita $(\text{CH}_3\text{NH}_3)\text{PbI}_3$ (conocida como MAPI) posee muchas de las propiedades ideales para un buen absorbente solar: “*bandgap*” directo de 1.55 eV, pequeñas energías de enlace de excitón, altos niveles de autorregulación de defectos, longitudes de difusión de portadores de carga notablemente largas y excelente movilidad. Puede procesarse en solución (esto permite una fabricación de bajo costo) y también se ha demostrado que funciona bien con una amplia gama de materiales de contacto de huecos y electrones, lo que permite una amplia gama de aplicaciones.^[7]

Se puede modular su “*bandgap*” con la composición de los haluros de la posición X. Por otro lado, la modificación de los cationes del sitio A mejoran el rendimiento y estabilidad de las celdas tipo perovskita.^[8,9] De hecho, todos los dispositivos actuales de alta eficiencia (> 20 %) están hechos de una combinación de dos, tres o incluso cuatro cationes diferentes en el sitio A.^[10]



En el laboratorio

La técnica más común para generar películas delgadas y homogéneas de perovskita es el depósito por centrifugación o “*spin-coating*”. Esta técnica se basa en colocar una solución sobre el sustrato para después hacerlo rotar y así generar un depósito sobre la superficie. El calentamiento elimina el disolvente y favorece la formación de la perovskita (Figura 2). Este método es muy fácil de realizar, asequible, pero también muestra alta sensibilidad a las condiciones de depósito, como la temperatura, la velocidad de giro y los disolventes utilizados. De hecho, se ha demostrado que la composición de perovskitas de cationes mixtos puede variar significativamente dependiendo del método de síntesis.^[11,12] La composición de las perovskitas de cationes mixtos es de gran importancia, debido a que las propiedades optoelectrónicas que presentan estos materiales están asociadas a la composición del material. De esta forma, la pregunta principal de la presente investigación es: ¿La composición de la solución precursora es la misma que la película delgada? (Fig. 3). Se buscó desarrollar un método simple para determinar la composición de películas de doble y triple catión fabricadas por “*spin-coating*”.

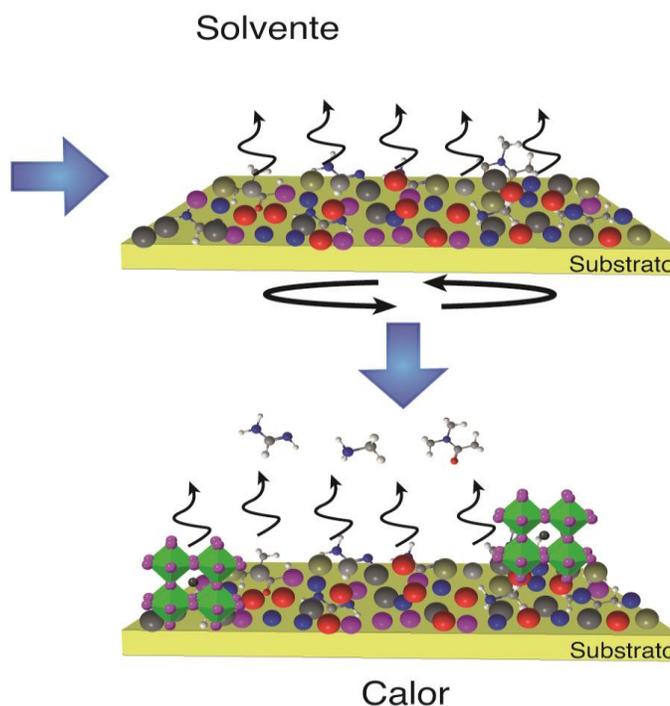


Figura 2. Representación del proceso de “*spin coating*”, se produce la evaporación del disolvente y el tratamiento térmico conduce a la formación de la película delgada de perovskita.

¿Verdadera composición?

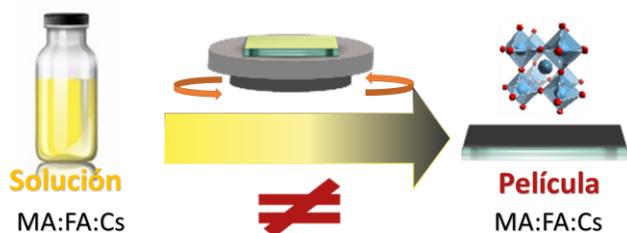


Figura 3. ¿La composición de la solución precursora es la misma composición de la película delgada? ^[13]
Copyright © 2018, American Chemical Society

Determinación de la composición verdadera

Para determinar la composición verdadera de las películas de perovskitas de cationes mixtos se consideraron varios factores. El primero es que deben emplearse películas semejantes a las que se encuentran en las celdas solares, con unos cuantos nanómetros de espesor (200-500 nm); por lo tanto, el tamaño de la muestra debe ser de tan solo unos pocos miligramos por película. Segundo, los cationes MA y FA están compuestos por átomos ligeros (como C, H o N), que no se pueden cuantificar por técnicas de difracción de rayos X, espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS), espectroscopía de rayos X de energía dispersiva (EDX), entre otros. Tercero, algunas propiedades como la absorción o fotoluminiscencia no son siempre lineales.

Esto representa un reto para estimar la concentración relativa de los cationes por simple extrapolación. Tomando en cuenta estos factores, se decidió utilizar la técnica de resonancia magnética nuclear cuantitativa (qNMR), por ser una técnica asequible, sensible y precisa para la determinación de los cationes orgánicos.

¿La composición de la solución precursora es la misma que la película delgada?

En la Figura 4 se muestra un esquema general del método desarrollado para la cuantificación de cationes del sitio A en las perovskitas. Se prepararon películas por “*spin-coating*” con condiciones estándares de depósito para perovskitas de doble y triple catión. Se rasparon varias películas, se pesaron cuidadosamente los polvos de las mismas junto con una cantidad conocida de un patrón interno. Ambos sólidos se disolvieron en DMSO deuterado.

Finalmente, se midieron los espectros de ¹H de NMR, se integraron y normalizaron las señales de protones unidos a carbono. Utilizando la señal del patrón interno, y sabiendo que la integración de cada señal es directamente proporcional al número de protones, pudimos determinar la masa absoluta de MA y FA, al igual que la de Cs por diferencia.

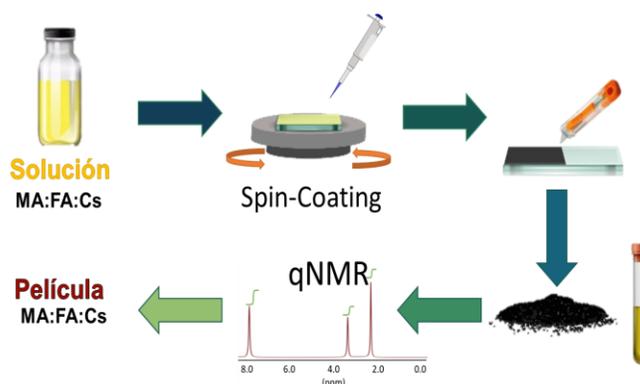


Figura 4. Representación esquemática del método para cuantificar cationes en perovskitas de catión mixto por qNMR. ^[13] Copyright © 2018, American Chemical Society.

La composición determinada para las perovskitas de MA:FA mostró una concordancia adecuada entre la estequiometría nominal y la estequiometría determinada por nuestro método de qNMR (Figura 5). Por otro lado, las películas que contenían cesio mostraron variaciones significativas entre la estequiometría de la solución precursora y la composición nominal de las películas delgadas. MA presentó concentraciones menores y se determinaron proporciones más altas para FA y Cs. Esto fue asociado a la alta volatilidad FA y baja solubilidad de Cs con respecto a MA.

Para comprobar la validez del método, se realizó EDX para determinar la proporción Cs:Pb, donde los resultados son consistentes con los obtenidos por qNMR.

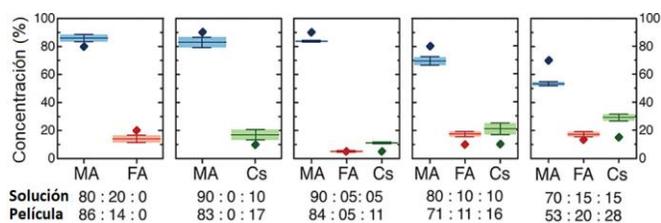


Figura 5. Concentraciones promedio de las películas de cationes mixtos. Los rectángulos muestran valores de concentración promedio con error, mientras que los marcadores de diamante muestran la concentración de la solución precursora (o nominal).^[13]
Copyright © 2018, American Chemical Society

En conclusión, se encontró una diferencia significativa entre la concentración de la solución precursora y la composición nominal de la película de perovskita de cationes mixtos, comprobando que no necesariamente se deposita la misma estequiometría. Además, se desarrolló un método simple para determinar la fórmula de películas de perovskita de doble y triple catión sintetizadas por “spin-coating”.

Es importante mencionar que este método no está limitado a perovskitas 3D, por el contrario, es aplicable a múltiples materiales con diferentes composiciones y es fácilmente adaptable para otras moléculas orgánicas. Conocer la composición verdadera de las películas utilizadas en las celdas solares de perovskita es de fundamental importancia para comprender y mejorar estos materiales.

Para conocer detalles adicionales de esta investigación, se puede consultar el artículo ACS Energy Lett. 2018, 3, 2366–2367 DOI: 10.1021/acseenergylett.8b01577. El trabajo que ahora presentamos ganó el segundo lugar en la categoría #LatinXChemSust en el #LatinXChem 2020, y puede visualizarse el poster respectivo en su versión digital en: <https://doi.org/10.26226/morressier.5f6c5f439b74b699bf390abd>.

Agradecimientos

Agradecemos el financiamiento de los Proyectos PAPIIT IN216020 y CONACYT CB-AI-S-8729. C. Pareja-Rivera agradece la beca CONACYT para realizar sus estudios de posgrado. Agradecemos el apoyo técnico de G. Cedillo, A. Tejeda, J. Romero, C. Ramos, E. Morales, A. Vivas, A. Pompa, C. González y M. Canseco.

Referencias

- [1] J. P. Correa-Baena, M. Saliba, T. Buonassisi, M. Grätzel, A. Abate, W. Tress, A. Hagfeldt, *Science* 2017, 358, 739.
- [2] S. D. Stranks, H. J. Snaith, *Nature Nanotechnology* 2015, 10, 391.
- [3] A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, T. Miyasaka, *Journal of the American Chemical Society* 2009, 131, 6050.
- [4] J. P. Correa-Baena, A. Abate, M. Saliba, W. Tress, T. Jesper Jacobsson, M. Grätzel, A. Hagfeldt, *Energy and Environmental Science* 2017, 10, 710.
- [5] H. J. Snaith, *Journal of Physical Chemistry Letters* 2013, 4, 3623.
- [6] Y. Dang, D. Ju, L. Wang, X. Tao, *CrystEngComm* 2016, 18, 4476.
- [7] T. M. Brenner, D. A. Egger, L. Kronik, G. Hodes, D. Cahen, *Nature Reviews Materials* 2016, 1, DOI: 10.1038/natrevmats.2015.7.
- [8] D. P. McMeekin, G. Sadoughi, W. Rehman, G. E. Eperon, M. Saliba, M. T. Hörlantner, A. Haghighirad, N. Sakai, L. Korte, B. Rech, M. B. Johnston, L. M. Herz, H. J. Snaith, *Science* 2016, 351, 151.
- [9] Y. Hu, M. F. Aygüler, M. L. Petrus, T. Bein, P. Docampo, *ACS Energy Letters* 2017, 2, 2212.
- [10] D. P. McMeekin, Z. Wang, W. Rehman, F. Pulvirenti, J. B. Patel, N. K. Noel, M. B. Johnston, S. R. Marder, L. M. Herz, H. J. Snaith, *Advanced Materials* 2017, 29, 1607039.
- [11] B. A. Rosales, M. P. Hanrahan, B. W. Boote, A. J. Rossini, E. A. Smith, J. Vela, *ACS Energy Letters* 2017, 2, 906.
- [12] D. J. Kubicki, D. Prochowicz, A. Hofstetter, S. M. Zakeeruddin, M. Grätzel, L. Emsley, *Journal of the American Chemical Society* 2017, 139, 14173.
- [13] C. Pareja-Rivera, A. L. Solís-Camero, M. Sánchez-Torres, E. Lima, D. Solís-Ibarra, *ACS Energy Letters* 2018, 3, 2366.

Estudio de fotoluminiscencia de películas delgadas de SiO_xC_y depositadas mediante precursores de Si orgánicos

Manmohan Jain¹, J.R. Ramos-Serrano²,
Ateet Dutt³, Yasuhiro Matsumoto^{1,2}

¹SEES, Electrical Engineering Department,
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN,
Ciudad de México, C.P. 07360, México.

²Programa de Nanociencias y Nanotecnología,
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN,
Av. IPN 2508 Col. San Pedro Zacatenco, C.P. 07360, CDMX

³Instituto de Investigaciones en Materiales,
Universidad Nacional Autónoma de México,
Coyoacán 04510, Ciudad de México, México.

manmohan@cinvestav.mx

Fundamentos de la fotoluminiscencia

El silicio (Si) es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, por lo que los materiales a base de silicio atraen mucha atención debido a su rentabilidad, además de prácticamente dominar la industria electrónica. Sin embargo, el desarrollo de dispositivos optoelectrónicos, como LEDs, representa un desafío tecnológico, esto debido a su estructura de banda prohibida.

En la Figura 1 se muestran las estructuras de banda prohibida del Si y Arseniuro de Galio (GaAs). En el caso de GaAs, el máximo de la banda de valencia está justo por debajo del mínimo de la banda de conducción. Esto corresponde con una banda prohibida directa y, en este caso, la diferencia en el vector k es casi 0 ($k \approx 0$). Este vector k está relacionado con el momento (p) con expresión de $p = h \cdot k$, donde h es la constante de Planck. En este caso, la recombinación de huecos y electrones no requiere la transferencia de momento y como resultado se emite un fotón.

En el caso del Si, el mínimo de la banda de conducción no está por encima del máximo de la banda de valencia, lo que se conoce como banda prohibida indirecta. Por lo tanto, la diferencia en el vector k no es 0 ($k \neq 0$). Entonces, el impulso se transfiere como una vibración reticular y la energía se emite como fonón en la recombinación.

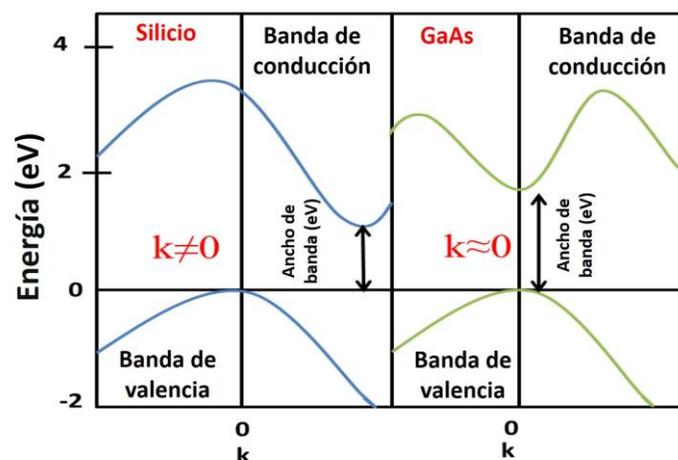


Figura 1. Estructuras de banda de GaAs y Si

Este problema de la diferencia en el momento se puede resolver con la ayuda del principio de incertidumbre de Heisenberg [1].

$$\Delta p \Delta x \geq h$$

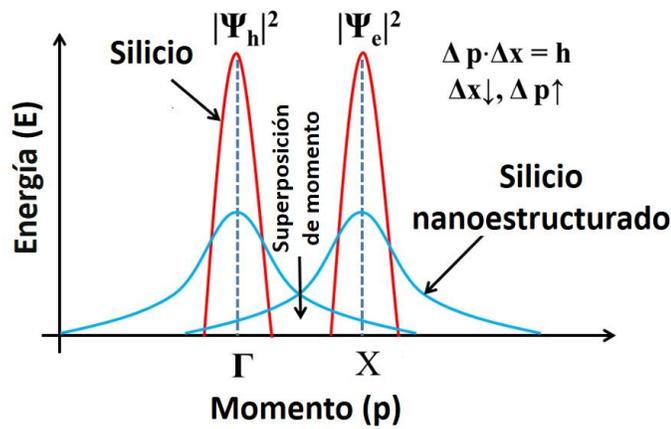


Figura 2. Función del electrón y los huecos como partícula de onda para el Si y Si nanocristalino

A partir de la expresión anterior, mostrada en la Figura 2, podemos ver que, si reducimos el tamaño de las partículas de silicio (x), el impulso aumentará y, en una condición, el impulso del electrón se superpondrá con el impulso de los huecos. En esta condición, una recombinación radiactiva cuasi directa ayudará a lograr la luminiscencia en los materiales de Si también, lo que puede ser muy útil para la industria optoelectrónica, como la fibra óptica, láser, LED, celdas solares, fotodiodos, etc., los ejemplos más comunes son mostrados en la Figura 3.

“El desarrollo de nuevos materiales es el precedente para cualquier revolución tecnológica”



Figura 3. Posibles aplicaciones de materiales optoelectrónicos basados en silicio

Antecedentes

El oxycarburo de silicio (SiO_xC_y) es un material basado en silicio que ha despertado interés. Debido a su naturaleza híbrida, orgánico-inorgánico, este material presenta mejores propiedades químicas y mecánicas comparado con matrices de óxido y nitruro (SiO_x o SiN_x). Actualmente, se investiga ampliamente para aplicaciones tales como: capas de pasivación, emisión de luz, dieléctricos de baja k, barrera de difusión, material de ánodo para baterías de almacenamiento de litio, por mencionar algunas.

En este trabajo se depositaron películas delgadas de SiO_xC_y , utilizando dos sistemas diferentes de deposición química catalítica en fase de vapor (O-Cat-CVD) [2], también conocido como HWCVD. La figura 4 muestra un diagrama del sistema. El O-Cat CVD tiene ventajas sobre la Deposición Química de Vapor Mejorada con Plasma (PECVD), tales como: ausencia de daño por el plasma durante la deposición de la muestra, alta tasa de deposición, mayor aprovechamiento de los precursores, etc. [3]. El uso de precursores de compuestos de alquilsilano, es decir, monometilsilano [MMS; (CH_3-SiH_3)] y ortosilicato de tetraetilo [TEOS; $(Si(OC_2H_5)_4)$], que corresponden a fuentes gaseosas y líquidas, respectivamente, proporcionan una fuente alternativa y más segura de Si al silano. El silano es un gas pirofórico, es decir, que puede inflamarse espontáneamente en contacto con el aire, además de tener la menor temperatura de autoignición en comparación con otros materiales pirofóricos [4].

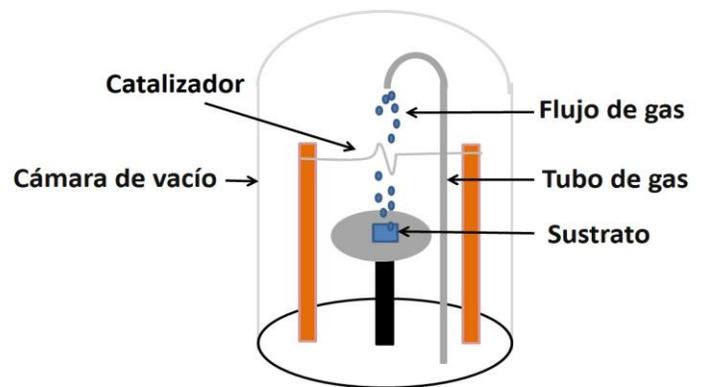


Figura 4. Diagrama esquemático de la técnica O-Cat CVD

Si vemos la fórmula molecular del MMS y TEOS tenemos 3 puntos principales: a) La relación del contenido de carbono para cada átomo de silicio es 1: 1 en MMS, mientras que es 8: 1 para el TEOS. b) La probabilidad de tener una disociación de toda la molécula es alta en MMS, mientras que es muy baja para

el TEOS, esto debido a su gran estructura molecular. c) El MMS permite obtener películas con propiedades cercanas al carburo de silicio (similar a SiC), mientras que las películas depositadas con TEOS se obtienen con muy bajo contenido de carbono con estructura similar a la del dióxido de silicio (similar a SiO₂) [5].

En los trabajos previos de nuestro laboratorio se logró obtener películas delgadas de SiO_xC_y con este método usando ambos precursores [3, 6, 7]. Sin embargo, no se ha realizado ningún estudio comparativo sobre las propiedades de las películas delgadas de SiO_xC_y depositadas con O-Cat CVD con los diferentes materiales precursores, los cuales pueden desempeñar un papel clave en su aplicación a escala para dispositivos optoelectrónicos.

Resultados y discusión

Las bandas de absorción obtenidas por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) de los diferentes modos vibracionales se muestran en la Figura 5 para muestras depositadas durante 30 minutos. Las bandas en 470, 800 y 1080 cm⁻¹ corresponden a los modos de balanceo, flexión y estiramiento para enlaces Si-O-Si, respectivamente. El modo de estiramiento del enlace Si-O-Si aparece en 1026 cm⁻¹ y 1055 cm⁻¹ respectivamente para muestras depositadas con MMS y TEOS, lo que muestra un cambio aparente de su valor de estequiometría de 1080 cm⁻¹.

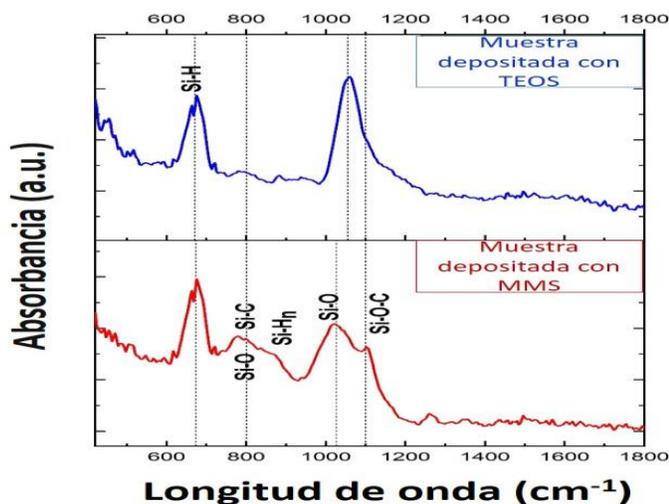


Figura 5. Espectros de FTIR de muestras depositadas durante 30 minutos con MMS y TEOS

Este cambio en la posición de la banda representa una deficiencia de oxígeno en el enlace Si-O-Si debido a que la probabilidad de tener átomos vecinos de Si o C puede aumentar [8]. Dichos cambios en la estequiometría permiten controlar la composición e intensidad de los espectros de luminiscencia. Además, se puede observar una banda de absorción a 1100 cm⁻¹ que representa la presencia de los enlaces de Si-O-C y confirma la formación de la película delgada de SiO_xC_y.

Además, la banda de absorción a 800 cm⁻¹ también corresponde a los enlaces Si-C, y se puede observar fácilmente en la Figura 5. La razón de la intensidad reducida del enlace Si-C en la película delgada depositada en TEOS puede ser, como se discutió anteriormente, la gran estructura molecular del TEOS, en la cual se reduce el porcentaje relativo de C después de la disociación. Recordemos que la molécula de TEOS es caracterizada por tener cuatro átomos de oxígeno que están inherentemente unidos con un átomo de silicio, mientras que los radicales etilo están asociados en la parte externa de la molécula debido a que estos radicales etilo se disociaron primero de la molécula TEOS.

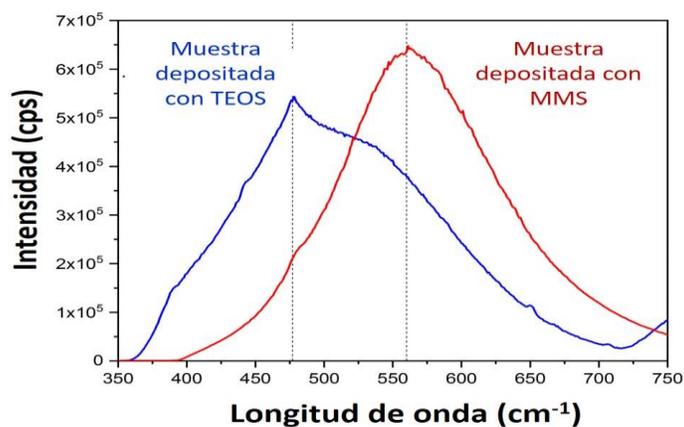


Figura 6. Espectros de PL de muestras depositadas durante 30 minutos con MMS y TEOS

Los espectros de fotoluminiscencia (PL) para muestras depositadas durante 30 min usando ambos precursores se muestran en la Figura 6. En la muestra depositada con MMS se observa un espectro de PL amplio e intenso centrado en 560 nm, mientras que en la muestra depositada con TEOS se observa un espectro significativamente menos intenso centrado en 477 nm. Dichos valores de fotoluminiscencia en los depósitos de SiO_xC_y, demuestran la factibilidad del material producido para ser usado en diversas aplicaciones.

El origen de la emisión de PL puede ser la composición no estequiométrica, como se discutió anteriormente en el análisis de FTIR. Estos cambios en la estequiometría sugieren la presencia de defectos como: especies relacionados con el hidrógeno [9], vacancias de oxígeno neutro (NOV) [10], relacionados con el carbono [8], el NOV relacionado con el silicio o los centros deficientes de oxígeno (ODC) [11]. Estos defectos pueden ser el origen de esta emisión PL. Otra posible razón para la emisión de PL en el rango visible puede ser el efecto de confinamiento cuántico (QCE) [7] debido a la presencia de nanocristales de Si o SiC.

Por lo tanto, hemos confirmado la formación de películas delgadas de SiO_xC_y con propiedades de fotoluminiscencia usando distintos precursores de base orgánica. Los resultados de este trabajo muestran el potencial de este material para su uso en el desarrollo de dispositivos optoelectrónicos basados en Si de bajo costo.

“El mundo ha pasado por la edad de piedra, la edad del bronce... pero esta era se conocerá como la era del silicio”

Para mayor información relacionada con este trabajo, pueden consultar el video premiado en el SIMPEST 2020:

<https://www.youtube.com/watch?v=UhpMhmov27c&t=31s>

Asimismo, pueden consultar el artículo en la revista IEEE, titulado "Photoluminescence properties of thin-film SiO_xC_y deposited by O-Cat CVD technique using MMS and TEOS" publicado en el año 2020. <https://doi.org/10.1109/cce50788.2020.9299113>

Referencias

- [1] W. Heisenberg, Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik, Zeitschrift Für Phys. 43 (1927) 172–198. <https://doi.org/10.1007/BF01397280>.
- [2] H. Matsumura, Catalytic chemical vapor deposition (CTL-CVD) method producing high quality hydrogenated amorphous silicon, Jpn. J. Appl. Phys. 25 (1986) L949–L951. <https://doi.org/10.1143/JJAP.25.L949>.
- [3] J.R. Ramos-Serrano, Y. Matsumoto, A. Méndez-Blas, A. Dutt, C. Morales, A.I. Oliva, Luminescent silicon oxycarbide thin films obtained with monomethyl-silane by hot-wire chemical vapor deposition, J. Alloys Compd. 780 (2019) 341–346. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.11.353>.
- [4] F. Tamanini, J.L. Chaffee, R.L. Jambor, Reactivity and Ignition Characteristics of Silane/Air Mixtures, Process Saf. Prog. 17 (1998) 243–258. <https://doi.org/10.1002/prs.680170405>.
- [5] A.M. Mahajan, L.S. Patil, J.P. Bange, D.K. Gautam, TEOS-PECVD system for high growth rate deposition of SiO_2 , Vacuum, (2005) 194–202 79 (3–4), <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2005.03.006>
- [6] A. Dutt, Y. Matsumoto, S. Godavarthi, G. Santana-Rodríguez, J. Santoyo-Salazar, A. Escobosa, White bright luminescence at room temperature from TEOS-based thin films via catalytic chemical vapor deposition, Mater. Lett. 131 (2014) 295–297. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2014.05.206>.
- [7] Y. Matsumoto, S. Asahi, T. Kita, J. Santoyo-Salazar, C. Ramos, B. Verma, J.R. Ramos-Serrano, S. Godavarthi, G. Santana-Rodríguez, A. Dutt, Luminescence study of Si/SiC Nano-particles embedded in SiO_xC_y matrix deposited using O-Cat-CVD, Phys. E Low-Dimensional Syst. Nanostructures. 111 (2019) 179–184. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2019.03.024>.
- [8] A. V. Vasin, A. V. Rusavsky, D. V. Kysil, S. Prucnal, Y.P. Piryatinsky, S.P. Starik, I. Nasieka, V. V. Strelchuk, V.S. Lysenko, A.N. Nazarov, The effect of deposition processing on structural and luminescent properties of a-SiOC:H thin films fabricated by RF-magnetron sputtering, J. Lumin. 191 (2017) 102–106. <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2016.10.029>.
- [9] Y.D. Glinka, S. Lin, Y. Chen, The photoluminescence from hydrogen-related species in composites of SiO_2 nanoparticles, Appl. Phys. Lett. 75 (1999) 778–780. <https://doi.org/10.1063/1.124510>.
- [10] V. Nikas, S. Gallis, M. Huang, A.E. Kaloyeros, A.P.D. Nguyen, A. Stesmans, V. V. Afanas'ev, The origin of white luminescence from silicon oxycarbide thin films, Appl. Phys. Lett. 061906 (2014) 1–5. <https://doi.org/10.1063/1.4865100>.
- [11] L. Skuja, Optically active oxygen-deficiency-related centers in amorphous silicon dioxide, J. Non. Cryst. Solids. 239 (1998) 16–48. [https://doi.org/10.1016/s0022-3093\(98\)00720-0](https://doi.org/10.1016/s0022-3093(98)00720-0).

Los eruditos medievales y la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII: ¿continuidad o ruptura?

José Luis Álvarez García

Departamento de Física, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México,
Coyoacán 04510, Ciudad de México, México.

josel.alvarezgarcia@gmail.com

El antiguo énfasis en la discontinuidad se debió, en gran medida, a que no se reconociera en la Edad Media ninguna filosofía digna de tal nombre. El posterior reconocimiento de la existencia e importancia de la filosofía medieval motivó, en cambio, que se subrayara la continuidad. Pero ahora vemos que lo que se necesita es que se ilustren al mismo tiempo los elementos de la continuidad y las características peculiares de los diversos periodos.²

F. Copleston

Comúnmente, y en términos generales, existen dos posturas acerca del conocimiento y la ciencia en la Edad Media. Está la opinión positivista, difundida por los historiadores empiristas del siglo XIX y que continuaron y reforzaron los empiristas lógicos de la primera mitad del siglo XX, que sustenta como inválido todo conocimiento que se haya generado en esa época, pues –según esta postura– es una etapa de oscurantismo absoluto. En este punto se destaca la herencia que dejaron, principalmente, Francis Bacon y Voltaire, quienes popularizaron la idea de una Edad Media en tinieblas y que es a partir de Galileo Galilei que se inicia la adquisición del “verdadero conocimiento”, fundamentado en el análisis metódico de la experiencia. Todo conocimiento procedente de la Edad Media está basado en la magia, dogmas religiosos, la superstición y básicamente no hay nada rescatable como conocimiento válido; entre Aristóteles y los protagonistas de la revolución científica sólo reinan las tinieblas de la Edad Media, de las cuales nos libraré el “método científico” desarrollado por el físico italiano.



Galileo Galilei

Por otro lado, está la opinión de Pierre Duhem, historiador y filósofo francés, quien a finales del siglo XIX, tras una minuciosa y exhaustiva investigación de gran cantidad de manuscritos medievales provenientes de distintos centros intelectuales como las universidades de París y Oxford, llegó a la conclusión no solo de que existía una clara continuidad entre la mecánica medieval y la del siglo XVII, sino que las obras de personajes como Copérnico, Galileo Galilei y Johannes Kepler no eran más que una reelaboración de los conceptos que yacían en la mente medieval.



Johannes Kepler

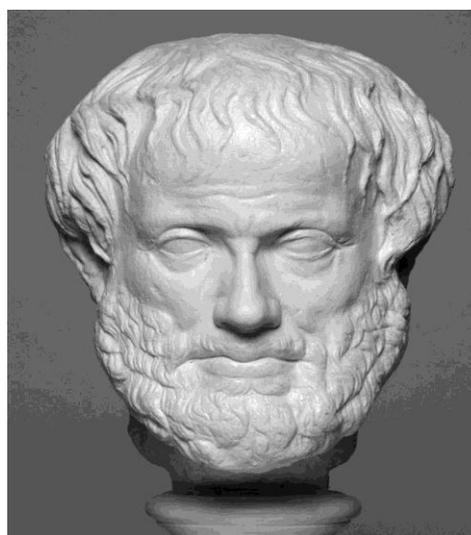
Análisis más recientes, hechos desde un punto de vista histórico diacrónico y contextual, muestran, simultáneamente, elementos de continuidad y ruptura entre ambas etapas.

Popularmente se considera que la Edad Media es el periodo de la Historia que va de la caída del Imperio Romano de Occidente en el año 395 hasta la toma de Constantinopla por los turcos en 1453 o el descubrimiento de América en 1492. Esta caracterización de la Edad Media como periodo de oscurantismo no puede ser sostenida, pues dentro de este periodo hubo logros importantes, tanto en el desarrollo del conocimiento como en el de la cultura en general. Así,

por ejemplo, hay que considerar la renovación cultural carolingia, promovida por Carlo Magno (742-814), y que es el antecedente inmediato de las escuelas catedrales, entre las que la escuela de Chartres aparece de manera sobresaliente. Y esta escuela tendrá una importancia fundamental en el origen de las primeras universidades (Bologna, Oxford y París) a finales del siglo XII. Hay que tomar también en consideración que es la época en que aparecieron las nuevas ciudades como centros de intercambio comercial. Otro notable factor que ocurre en esta época es el retorno de todo el tesoro cultural clásico que se había trasladado a Oriente, donde se conservó y desarrolló, y ahora regresaba a Occidente en los siglos X y XI.

Es por todo esto que se hace necesaria una reclasificación de todo el periodo de la Edad Media. Se tiene, de esta manera, la Edad Media Central (siglos IX y X) y la Baja Edad Media (fines del siglo X hasta el inicio del Renacimiento en el siglo XV).

Tomando lo anterior en consideración, está la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII que fue realizada en dos frentes del conocimiento científico: en la cosmología y en la física terrestre. La cosmología de Aristóteles, con una Tierra central e inmóvil, acorde con su física del movimiento, y la nueva física que surgió de la revolución científica tenía que ser consistente con la noción de una Tierra en movimiento. Al mismo tiempo, el fenómeno que la cosmología ptolemaica (esencialmente aristotélica) nunca pudo explicar satisfactoriamente fue el de los movimientos planetarios, y los fenómenos del movimiento que la física aristotélica tampoco explicaba satisfactoriamente eran la caída libre y el lanzamiento de proyectiles.



Aristóteles

Continuidad y ruptura en la cosmología

En el terreno cosmológico durante todo el periodo de la Edad Media el modelo vigente era el de la astronomía ptolomeica. Este modelo estaba plasmado en el *Almagesto*³ de Ptolomeo, escrito alrededor del año 150 y fue la biblia de la astronomía hasta principios del siglo XVII, en que fue sustituido por el modelo heliocéntrico planteado por Nicolás Copérnico en 1543 en su libro *De Revolutionibus Orbium Coelestium*⁴. Ésta es la fecha que es aceptada como el inicio de la revolución científica. Ahora bien, entre los siglos III y II a.n.e., Apolonio e Hiparco habían sustituido las esferas homocéntricas de Eudoxo (siglo IV a.n.e.) por los epiciclos, el deferente y las excéntricas; más tarde, Ptolomeo introdujo el ecuante. No obstante, la extensa vida de este modelo cosmológico –lo que habla de continuidad– el *Almagesto* experimentó un largo periodo de crítica e inconformidad por parte de los astrónomos profesionales debido a su evidente falta de economía y a su inexactitud respecto a los datos de la observación. Inconformidad que se inicia con los astrónomos árabes en el siglo XII y que se resume en las palabras de Averroes (1126-1198), cumbre del pensamiento científico y filosófico de la cultura árabe: “La astronomía ptolomeica nada tiene que ver con lo existente, pero es útil para calcular lo no existente”⁵. Esta rebelión apareció de manera abierta en la primera mitad del siglo XV con Nicolás de Cusa (1401-1464), en su *Docta ignorantia*⁶, escrita en 1440 e impresa en 1514. La doctrina de Nicolás de Cusa demuestra que antes que Copérnico se había roto con Aristóteles y el modelo ptolomeico. Nicolás de Cusa murió siete años antes del nacimiento de Copérnico, y éste conoció la doctrina del primero.



Ptolomeo



Almagesto de Ptolomeo

Otros que conocían la obra del cusano fueron Peurbach (1423-1461) y su discípulo Johann Müller (1436-1476), quienes suscitaron en Europa la renovación de la astronomía como ciencia exacta. Peurbach escribió un excelente manual sobre el sistema ptolomeico que alcanzó cincuenta y seis ediciones y fue traducido al italiano, español, francés y hebreo. En su manual, asumió una actitud conservadora, pero señaló el hecho de que los movimientos de todos los planetas estaban gobernados por el Sol. Dijo que el planeta Mercurio corre sobre un epiciclo cuyo centro se mueve en una órbita no circular, sino ovoide. Otros pensadores y astrónomos, como el primer maestro de Copérnico, Brudzewski, también habían hablado de órbitas ovas. Johann Müller, llamado Regiomontano, genio renacentista y niño prodigio, que a la edad de doce años publicó el mejor anuario astronómico de 1448, prestaba especial atención al sistema heliocéntrico de Aristarco, como lo demuestra una nota de sus manuscritos: “Es necesario alterar un poco el movimiento de los astros, a causa del movimiento de la Tierra”⁷ Murió a los cuarenta años, tres años después del nacimiento de Copérnico.

Copérnico estudió en universidades donde la tradición de Nicolás de Cusa y de Regiomontano estaba muy viva. Brudzewsky en Cracovia y Novara en Bolonia, habían sido maestros de Copérnico y ellos, a su vez, fueron discípulos de Regiomontano. La idea de que la Tierra se movía y que el Sol gobernaba realmente el sistema planetario pertenecía a la antigua tradición de la cosmología y se discutía mucho en la época de Copérnico, quien vivió durante diez años en Italia entre hombres de esa generación; pero no se convirtió en uno de ellos. Copérnico conservó su concepción medieval del mundo y regresó a su patria sólo con la idea que el

renacimiento pitagórico había puesto de moda y que era el movimiento de la Tierra. Se pasó el resto de su vida tratando de hacer encajar esa idea en un marco medieval fundado en la física aristotélica y las ruedas ptolomeicas. Es por eso que Koestler se refiere a Copérnico como “el último de los aristotélicos”.

El sistema copernicano tenía la notable ventaja sobre el ptolomeico de poseer una mayor simplicidad geométrica en un punto esencial. Al trasladar el centro del Universo de la Tierra a alguna parte situada cerca del Sol, los movimientos de retroceso de los planetas, que tantos problemas habían dado a los antiguos, desaparecerían. Sin embargo, esa armoniosa sencillez que el capítulo inicial del *De revolutionibus* prometía, se había convertido en una pesadilla. Había personajes más avanzados y progresistas que Copérnico, sin embargo, fue con él donde cristalizó la idea de una Tierra en movimiento y fue, indudablemente, el primero en desarrollar la idea de un sistema planetario completo. En ello estriba su mérito, independientemente de las incongruencias e imperfecciones de su sistema. En la obra de Copérnico vemos como éste se esfuerza por mantener la continuidad del conocimiento astronómico tradicional, con movimientos perfectamente circulares y con velocidad uniforme y, al mismo tiempo, sin proponérselo, provoca la ruptura con la que se iniciará la revolución científica de los siglos XVI y XVII.



Copérnico



De Revolutionibus Orbium Coelestium de Copérnico

Continuidad y ruptura en la física terrestre

Las explicaciones que la física de Aristóteles daba para el fenómeno de la caída de los cuerpos y para el lanzamiento de proyectiles jamás convencieron a los especialistas, de tal manera que se desarrollaron teorías alternativas para explicarlos. En el siglo II a.n.e. es nuevamente Hiparco quien plantea la existencia de una virtud impresa o *impetus* que el motor transfiere al móvil. Juan Filopón, en el siglo VI, continúa con el desarrollo de esta teoría⁸. Y será dentro de este marco teórico en el que se desarrollan todos los estudios de los eruditos de centros del pensamiento como las universidades de Oxford y París durante los siglos XIII y XIV. Sin embargo, la continuidad estará dada porque son realizados dentro de la más estricta doctrina aristotélica. El *impetus* es una *cualidad* que se transmite al móvil, es de naturaleza perecedera y no es cuantificable ni mucho menos matematizable, dada la doctrina aristotélica que prevalecía en esos centros y que dictaba que la Física y las Matemáticas eran géneros diferentes y no se podían –ni debían– mezclar. Pero, simultáneamente, es la época en que el saber de la Antigüedad, conservado y desarrollado por la cultura árabe, comienza a ser recuperado por el occidente europeo. De tal forma que el interés por el estudio de la naturaleza y las matemáticas aparece en personajes de las universidades de Oxford y París.

En la Universidad de Oxford aparecen Roberto Grosseteste y Roger Bacon, figuras importantísimas como antecedentes del estudio combinado de la física y las matemáticas. Más adelante, también en esta universidad, aparece el grupo de los

Calculatores del Merton College, formado por Thomas Bradwardine, William Heytesbury, John Dumbleton y Richard Swineshead⁹.

Al mismo tiempo, en la Universidad de París, aparecen las figuras de Jean Buridan, Nicole de Oresme y Alberto de Sajonia. Todos ellos realizan sus estudios del movimiento dentro de la teoría del *impetus*¹⁰. En los escritos de Buridan y Oresme se manifiesta, quizá por primera vez en la historia, el intento de unir la física terrestre y la celeste bajo las mismas leyes. Sin embargo, es importante aclarar que la obra de todos estos personajes era realizada como *ejercicios lógicos*, jamás se aplicaron a ningún fenómeno físico. La Física y las Matemáticas formaban parte de la teología, así como también la Gramática, la Lógica y la Filosofía, y su finalidad era darle base racional al dogma religioso.

Antecedentes inmediatos de Galileo como Benedetti, Bonamico, Leonardo y otros fueron los antecedentes de la matematización de la física, pero aún prevalecía la autoridad de Aristóteles y no fue sino hasta las obras de Galileo y Kepler en que reaparece y se da cumplimiento al sueño pitagórico de encontrar regularidades matemáticas en la Naturaleza.

Referencias

Bernal, J.D., *La ciencia en la historia*, vol. I, 4ª. Edición, UNAM/Nueva Imagen, México (1979).

Copérnico, N., *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, Technos, Madrid (1987).

Copleston, F., *Historia de la filosofía*, vol.4, 2ª. Edición, Editorial Ariel, S.A., Barcelona (1975).

Cusa, N. de, *De docta ignorantia*. Traducción al inglés de Fr. Germain Heron, *Of Learned Ignorance*, London (1954).

Grant, E., *A Source Book in Medieval Science*, Harvard University, Cambridge (1974).

Koestler, A., *Los sonámbulos*, CONACyT, México (1981).

Koyré, A., *Estudios galileanos*, 2ª. Edición. Siglo XXI Editores, México (1982).

Le Goff, J., *La Baja Edad Media*, Historia Universal Siglo XXI, vol. I I, España (1971).

Sarton, G., *Ciencia antigua y civilización moderna*, Fondo de Cultura Económica, México (1960).

Notas

¹ Este artículo es una ampliación de un trabajo presentado en el LX Congreso Nacional de Física, Monterrey, Nuevo León (2017).

² F. Copleston, *Historia de la filosofía*, vol.4, 2ª Edición, Editorial Ariel, S.A., Barcelona (1975) p.15.

³ La obra de Ptolomeo lleva el título original griego de *Mathematike Syntaxis*. Esta obra era comúnmente llamada entre los especialistas *Megale syntaxis* (*La gran colección*), y fue tanta su importancia que se le llegó a conocer como *Megiste syntaxis* (*La grandísima colección*). El título de *Almagesto*, que muestra la importancia de la tradición árabe, combinaba el artículo árabe Al con el superlativo griego *megiste*. Cf. Sarton, G., *Ciencia antigua y civilización moderna* (1960) p.79.

⁴ Copérnico, N., *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, Technos, Madrid (1987).

⁵ Citado en Koestler, A., *Los sonámbulos*, CONACyT, México (1981) p.204.

⁶ Cusa, N. de, *De docta ignorantia*, (1954) p.89.

⁷ Citado en Koestler, A., *op. cit.*, p.208.

⁸ Cf. Koyré, *Estudios galileanos*, 2ª edición, Siglo XXI Editores, México (1981).

⁹ Cf. Grant, E., *A Source Book in Medieval Science*, Harvard University, Cambridge (1974).

¹⁰ Cf. A. Koyré, *op.cit.*



Diseño de antenas moleculares para transferencia de energía (FRET)

Pasquale Porcu, Andrea García Rodríguez,
Ricardo D. Martínez Serrano y Ernesto Rivera

Instituto de Investigaciones en Materiales,
Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX

riverage@unam.mx

Hoy en día, desarrollar y comprender el funcionamiento de sistemas fotoactivos representa un reto para los investigadores de todo el mundo [1–3]. Cabe mencionar que estos fenómenos han estado presentes en la naturaleza desde siempre; de hecho, las clorinas naturales representan el ejemplo más fino proporcionado por nuestro entorno. En estos sistemas naturales, la evolución jugó un papel clave, confiriéndoles la propiedad de la transferencia de energía [4–6]. Dominar y utilizar estos fenómenos para nuestros requerimientos energéticos es uno de los desafíos de la época actual. Esta nueva frontera determina, de una forma muy relevante, nuestro destino al volvernos menos dependientes de los combustibles fósiles para finalmente dejarlos atrás. Existen varios reportes y artículos que nos proporcionan soluciones o desarrollos de dispositivos que usan la transferencia de energía en la optoelectrónica, la biomedicina y el campo de las aplicaciones fotovoltaicas [7–9].

¿Pero qué es la transferencia de energía?, y, sobre todo, ¿cómo podemos realizar un dispositivo a nivel molecular que funcione de forma eficaz?

Para responder a la primera pregunta necesitamos definir algunos conceptos que utilizaremos más adelante. La luz, por su naturaleza, es una forma de energía que puede ser usada para excitar una clase de moléculas llamadas cromóforos.

Estas moléculas son capaces de absorber y ceder energía luminosa gracias a su estructura altamente conjugada. Al ceder la energía aceptada dan lugar a fenómenos tales como la fluorescencia. En particular, el fenómeno de transferencia de energía (FRET, acrónimo inglés de Fluorescence Resonance Energy Transfer) ocurre entre dos cromóforos que pueden ser parte de dos moléculas distintas o ser parte de la misma molécula (unidos entre sí, por ejemplo, por espaciadores) y se lleva a cabo por resonancia [10]. Siendo un fenómeno de transferencia energética, un cromóforo (donador) cede energía en forma luminosa al otro cromóforo (aceptor). Uno de los requisitos fundamentales para que el fenómeno FRET ocurra es que el espectro de absorción del aceptor se sobreponga parcialmente (o totalmente) con el espectro de emisión del donador (Figura 1). En otras palabras, el donador debe emitir luz en el rango en que el aceptor la absorbe, de otro modo no podría darse la transferencia de energía y la luz del donador sería emitida al ambiente. Otro requisito es representado por la distancia entre los dos cromóforos, la cual no debe superar los 100 Å. Dado que los grupos donadores y aceptores deben acercarse por difusión para interactuar, si la distancia es demasiado grande, el donador excitado puede regresar al estado basal y emitir luz antes de interactuar con el grupo aceptor. El tercer requisito es que los momentos dipolo-dipolo de las especies deben de tener una alineación paralela, si esto no sucede la transferencia de energía no tiene lugar, ya que es prohibida por simetría [6].

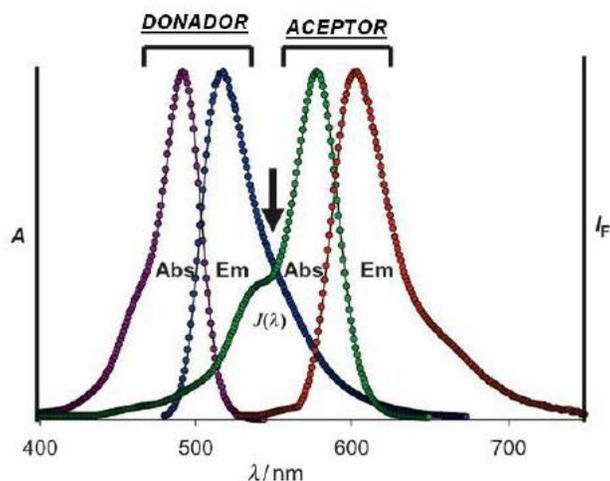


Figura 1: Espectros de absorción/emisión de un par genérico de cromóforos donador-aceptor y la sobreposición del espectro de emisión del donador con el espectro de absorción del aceptor.

Una vez cumplidos los requisitos para lograr este tipo de fenómenos, la pregunta siguiente sería: ¿cómo se pueden diseñar moléculas que tengan, al mismo tiempo, un par de cromóforos (como mínimo), una distancia entre ellos no superior a 100 Å y que estos, además, sean libres para orientarse de manera adecuada?

No hay una única respuesta a esta pregunta, ya que la creatividad humana y los tipos de moléculas son virtualmente infinitos, pero podemos apoyarnos en una estrategia. En este sentido, una familia particular de polímeros contiene a los candidatos idóneos para el diseño de estructuras que cumplan con dichos requisitos. Y si profundizamos más, entre las categorías potenciales adecuadas encontraremos a los dendrímeros. Esta clase de macromoléculas se caracteriza por tener una estructura ordenada y completamente simétrica, como puede verse en la Figura 2 [11]:

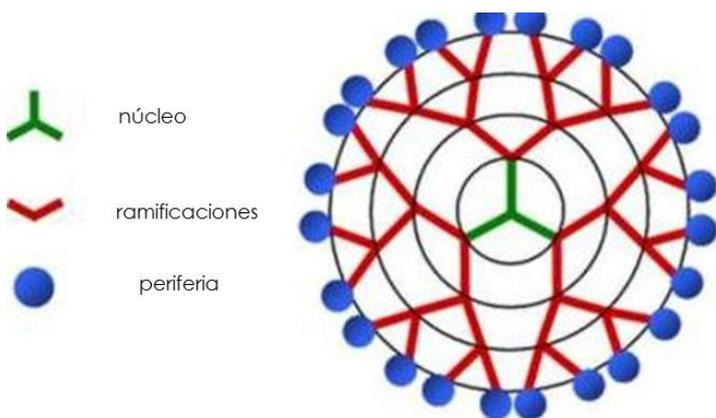


Figura 2. Estructura de un dendrímero que consta de tres partes: núcleo, ramificaciones y periferia. En verde se indica que el núcleo es trifuncional, en rojo se aprecian tres grandes ramas que emanan de él conocidas como dendrones y en azul los grupos terminales localizados en la periferia.

Gracias a esta arquitectura altamente simétrica se puede generar una infinidad de compuestos que tengan especies donadoras yceptoras. De hecho, una de las estrategias más usadas en materiales fotovoltaicos consiste en diseñar moléculas nombradas “antenas moleculares”. La peculiaridad de estas moléculas es que pueden tener muchos cromóforos donadores en la periferia y un único cromóforo aceptor en el núcleo, en el caso de un dendrímero o en el punto focal en el caso de un dendrón (ramificación grande que emana directamente del núcleo del dendrímero).

Esta característica confiere al dendrímero altas eficiencias de transferencia de energía, ya que la energía luminosa de todos los donadores periféricos es transferida y concentrada en un

único punto del dendrímero (núcleo), donde se encuentra el grupo aceptor. En términos de dispositivos, el efecto antena se puede ilustrar con el arreglo mostrado en la figura 3:

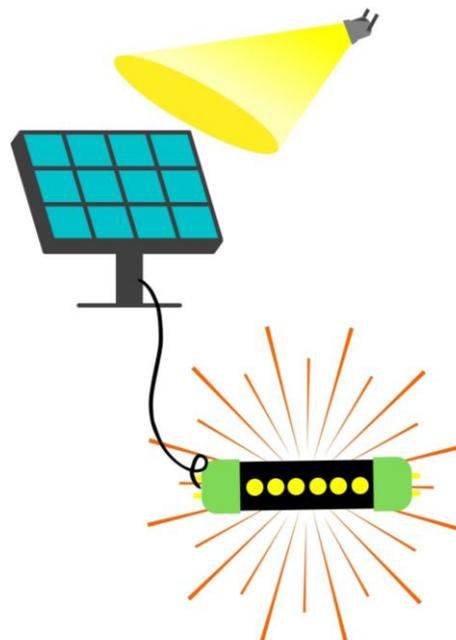


Figura 3: Los donadores (representados como antenas) captan la luz y, una vez que la absorben, pasarán al estado excitado. Dichos estados no pueden perdurar por mucho tiempo y ceden el exceso energético al cromóforo aceptor (representado como una batería) el cual, posteriormente, emite esta energía en forma luminosa.

Para empezar el estudio de la FRET, es necesario conocer la constante de transferencia de energía, que se calcula mediante la ecuación 1:

$$k_{ET} = k_D \left[\frac{R_0}{R} \right]^6 = \frac{1}{\tau_D} \left[\frac{R_0}{R} \right]^6$$

Ecuación 1

Donde k_{ET} es la constante de transferencia de energía, K_D es la constante de activación del donador, R_0 es el radio de Förster, R es la distancia donador-aceptor y τ_D es el tiempo de vida media en el estado excitado del donador.

El radio de Förster se define como la distancia donador-aceptor, a la cual ocurre 50 % de transferencia de energía FRET y se calcula de acuerdo a la ecuación 2:

$$R_0 = [2.8 \times 10^{17} k^2 Q_D \epsilon_A / (\lambda)]^{1/6}$$

Ecuación 2

Donde k es el factor de orientación de los cromóforos, Q_D es el rendimiento cuántico del donador, ϵ_A es el coeficiente de

extinción molar del aceptor y $J(\lambda)$ es la integral de la superposición espectral del espectro de emisión del donador y el espectro de absorción del aceptor. O bien, mediante la ecuación 3:

$$R_0 = 9790 \times (k^2 \times \eta^4 \times Q_D \times J(\lambda))^{1/6} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde k , Q_D y $J(\lambda)$ ya fueron definidos, y η representa el índice de refracción del disolvente en el cual se conduce el experimento. $J(\lambda)$ puede ser calculada mediante la ecuación 4:

$$J(\lambda) = \int_0^\infty f_D(\lambda) \epsilon_A(\lambda) \lambda^4 d\lambda \quad \text{Ecuación 4}$$

donde f_D es la emisión del donador, normalizada, ϵ_A es el coeficiente de absorción molar del aceptor y λ representa la longitud de onda a la cual se registra el máximo de absorción. Una estrategia de síntesis, que veremos más adelante, consiste en diseñar dendrones con estructuras flexibles que permitan el acercamiento de los cromóforos.

El segundo paso es el cálculo de la eficiencia FRET de los compuestos. La eficiencia FRET se calcula por medio de la ecuación 5:

$$E_{\text{FRET}} = 1 - I_{(D+A)} / I_{(D)} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde $I_{(D+A)}$ es la integración de la emisión residual de donador en los dendrímeros (el aceptor está presente en la estructura química) y $I_{(D)}$ es la integral de la emisión del donador en los precursores (el aceptor no está presente en la estructura química). Podemos hablar de una buena eficiencia de transferencia de energía cuando obtenemos valores superiores al 80 % y ésta se considera óptima al alcanzar valores del 95 % o superiores, cercanos al 100 %.

Entre los cromóforos donadores, uno de los más usados por sus excelentes propiedades ópticas y fotofísicas es el pireno [12–14] (Figura 4).

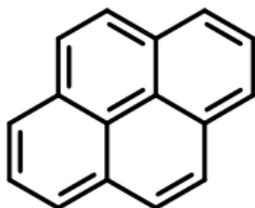


Figura 4. Estructura química del pireno, que es un compuesto conjugado polinucleado con 16 electrones π , el cual es antiaromático ya que no cumple la regla de Hückel.

El pireno es una molécula conjugada antiaromática ($4n$) [14], cuya estructura conjugada le confiere un amplio rango de aplicaciones en esta rama de la química. Hay varios reportes de dendrímeros diseñados para usos en FRET que incluyen pireno como grupo donador. Entre estos veremos tres ejemplos interesantes, en los cuales el grupo aceptor puede cambiar:

I. Dendrímeros con un complejo organometálico como núcleo

Recientemente, en la literatura se puede encontrar un ejemplo elegante de un dendrimero cuya estructura presenta un núcleo organometálico, complejoado por dendrones (ligantes) que presentan varias unidades de pireno en la periferia [15]. En la Figura 5, se puede observar cómo los ligantes de bispiridina fueron adecuadamente diseñados para complejar al Rutenio y garantizar una adecuada flexibilidad para que el pireno presente en la periferia pueda acercarse al núcleo, cumpliendo así con los requisitos de la transferencia de energía.

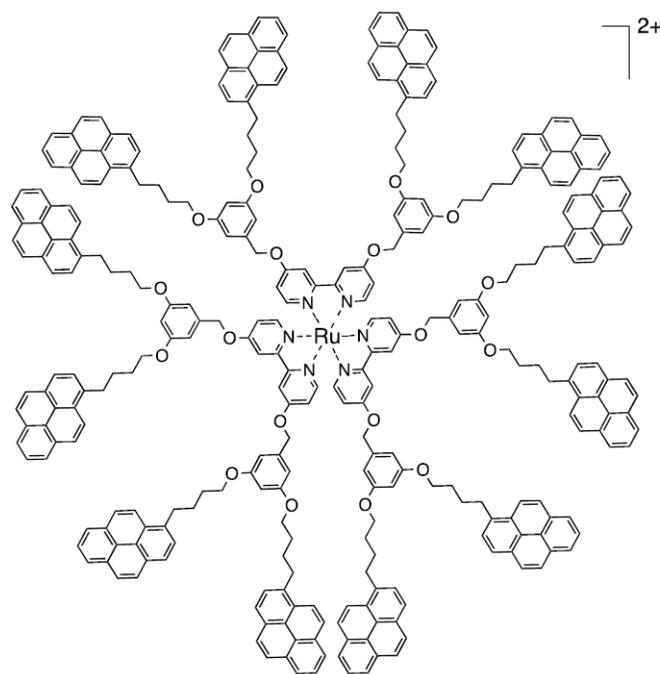


Figura 5. Estructura dendrítica con un complejo organometálico como núcleo. Los grupos pireno son los grupos donadores y el complejo de unidades de bispiridinio con rutenio el grupo aceptor.

En este trabajo se pudo observar cómo con el desarrollo de sistemas dendríticos organometálicos de este tipo podemos llegar a eficiencias de FRET muy cercanas al 100 %.

2. Sistemas pireno-porfirina

Otro ejemplo relevante para el diseño de sistemas FRET es el desarrollo de estructuras dendríticas con grupos donador-aceptor pireno-porfirina. La porfirina es una clase de compuesto conjugado, cuyo esqueleto heterocíclico está formado por cuatro pirroles, enlazados entre ellos por puentes metínicos en posición alfa. La relevancia de estos compuestos radica en los roles bioquímicos que juegan dentro de la naturaleza, en particular tenemos dos ejemplos naturales muy importantes: las clorofilas y el grupo hemo. El primero es el responsable de la fotosíntesis clorofiliana y el segundo del transporte de oxígeno en la sangre de varios animales. Los reportes de dendrímeros que presentan cromóforos pireno-porfirina son varios [16,17]. La estructura de dichos compuestos se puede observar en la Figura 6.

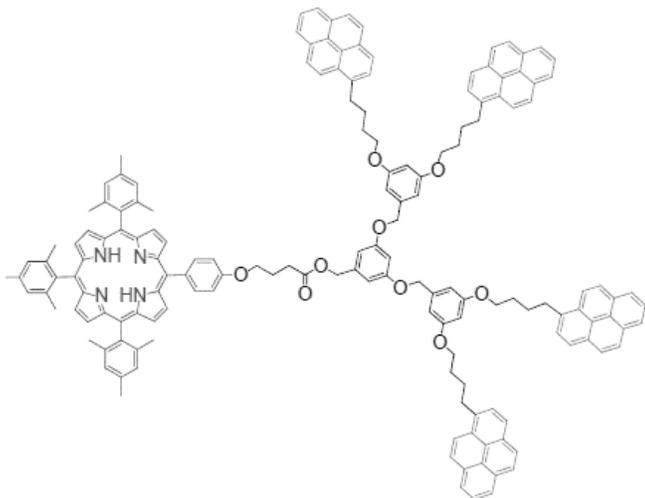


Figura 6. Estructura de un sistema dendrítico con grupos donador-aceptor pireno-porfirina. Donde los pirenos son los grupos donadores y la porfirina es el grupo aceptor. Cabe mencionar que el carácter aceptor de la porfirina aumenta al metalarla con iones metálicos tales como Zn (II).

Además de presentar valores de transferencia de energía muy cercanos al 100 %, este tipo de compuestos pueden ser usados para complejar iones metálicos pequeños, recordando que la cavidad de la porfirina permite este tipo de interacciones.

3. Sistemas pireno-bodipy

Este tercer ejemplo constituye una categoría muy interesante de cromóforos, los boro dipirrolmetenos, conocidos más comúnmente como Bodipys (Figura 7).

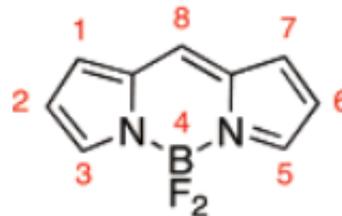


Figura 7. Estructura de un bodipy. Nótese que el boro está complejoado por parte de dos pirroles. Se presenta la estructura neutra, pero hay una carga positiva en el boro y una negativa en uno de los dos nitrógenos presentes en la estructura.

Además de presentar una fuerte emisión color verde intenso, estos compuestos son relativamente estables y el espectro de absorción del bodipy se sobrepone de forma satisfactoria con el espectro de emisión del pireno. El ejemplo de la Figura 8, presenta el bodipy enlazado con dos pirenos gracias a un espaciador flexible. [18] En este caso también se aprecia una transferencia de energía muy cercana al 100 %.

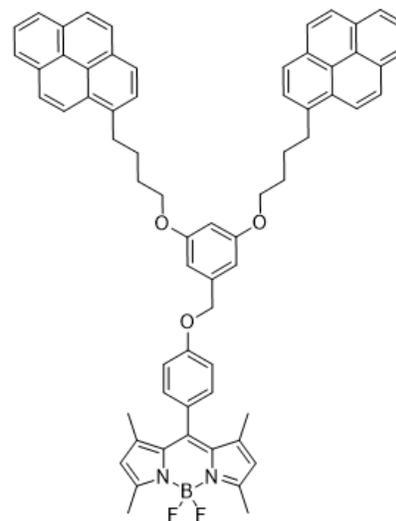


Figura 8. Estructura dendrítica que presenta tres cromóforos: dos donadores (pireno) y un aceptor (bodipy). A pesar de ser pequeña, esta antena molecular presenta eficiencias de transferencia de energía cercanas al 100 %.

Conclusiones y perspectivas futuras de los compuestos para dispositivos FRET

En conclusión, podemos hacer una reseña sobre las estrategias más adecuadas para el diseño de compuestos FRET con grupos donador-aceptor. Estos compuestos pueden implementarse en dispositivos aptos para uso cotidiano en aplicaciones fotovoltaicas y algunos notables ejemplos ya han sido reportados en la literatura. Aquí faltaría puntualizar cual es el destino de dichos dispositivos.

Por su naturaleza, otra novedosa aplicación para este tipo de compuestos se encuentra en el campo de la optoelectrónica con los Diodos Orgánicos Emisores de Luz (OLED's, por sus siglas en inglés). La limitación de este tipo de dispositivos radica en la corta vida del fenómeno de luminiscencia. El diseño de compuestos tipo FRET debidamente estudiado, representa una de las soluciones (actualmente disponibles en la literatura) para este problema [19].

Otra muy importante área de aplicación para estos compuestos es en el campo de la Biomedicina, en particular, para estudiar las interacciones proteicas. La FRET en este campo representa una herramienta simple y a la vez potente para determinar las constantes de equilibrio de interacciones de tipo proteína-proteína, útil en el estudio de "cascadas bioquímicas" [20]. Resulta más sencillo un estudio de este tipo (en lugar de la convencional titulación de la calorimetría isotérmica). No obstante, resulta más práctico etiquetar dos porciones de proteína usando dos cromóforos. Cuando la interacción entre los cromóforos tiene lugar, es porque la distancia se ha visto reducida y es entonces posible detectar el fenómeno FRET con la ayuda de un fluorímetro, el cual, a diferencia de los métodos calorimétricos, no es destructivo [20]. Se ha visto que la FRET es una poderosa herramienta en este contexto y los resultados se han reportado en diferentes artículos (resumidos en una interesante revisión hecha por Varghese et al. [21]). De hecho, los autores han reportado una comparación entre las distintas técnicas de detección biológica, llegando a la conclusión de que, para concentraciones picomolares y las más difíciles de alcanzar SMD (Singular Molecular Detection), la FRET no tiene rivales.

Finalmente, la investigación en este fino y amplio sector de la Química sigue avanzando. Diariamente se sintetizan nuevos cromóforos que aumentan el repertorio de especies disponibles para el diseño de nuevos dispositivos FRET.

Referencias

1. Nantalaksakul, A.; Mueller, A.; Klaiherd, A.; Bardeen, C.J.; Thayumanavan, S. Dendritic and linear macromolecular architectures for photovoltaics: A photoinduced charge transfer investigation. *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131*, 2727–2738, doi:10.1021/ja809194u.
2. Xianei, M.; Zhu, W.; Tian, H. Dendrimeric Electroluminescent Materials. *Prog. Chem.* **2007**, *19*(2), 1671-1680.
3. Patel, H.N.; Patel, P.M. Dendrimer applications - A review. *Int. J. Pharma Bio Sci.* **2013**, *4*(2), 454-462.
4. Sapsford, K.E.; Berti, L.; Medintz, I.L. Materials for fluorescence resonance energy transfer analysis: Beyond traditional donor-acceptor combinations. *Angew. Chemie - Int. Ed.* **2006**, *45*, 4562–4588.
5. Bruns, N.; Pustelny, K.; Bergeron, L.M.; Whitehead, T.A.; Clark, D.S. Mechanical nanosensor based on fret within a thermosome: Damage-reporting polymeric materials. *Angew. Chemie - Int. Ed.* **2009**, *48*, 5666–5669, doi:10.1002/anie.200900554.
6. Berney, C.; Danuser, G. FRET or no FRET: A quantitative comparison. *Biophys. J.* **2003**, *84*, 3992–4010, doi:10.1016/S0006-3495(03)75126-1.
7. Wu, J.; Wang, W.; Wu, B.; Luo, J.; Chiang, K.S.; Jen, A.K.-Y. Ultra-efficient and stable electro-optic dendrimers containing supramolecular homodimers of semifluorinated dipolar aromatics. *Mater. Chem. Front.* **2018**, *2*(5), doi:10.1039/c8qm00006a.
8. Chen, P. *Molecular interfacial phenomena of polymers and biopolymers*; **2005**; ISBN 9781855739284.
9. Arroyo, I.J.; Hu, R.; Merino, G.; Tang, B.Z.; Peña-Cabrera, E. The smallest and one of the brightest. Efficient preparation and optical description of the parent borondipyrromethene system. *J. Org. Chem.* **2009**, *74*, 5719–5722, doi:10.1021/jo901014w.
10. Hoi, H.; Ding, Y.; Campbell, R.E.; Algar, W.R.; Massey, M.; Krull, U.J.; van der Meer, B.W.; Claussen, J.C.; Hildebrandt, N.; Medintz, I.; et al. *FRET - Förster Resonance Energy Transfer*; Medintz, Hildebrandt, Eds.; Wiley.; **2013**; ISBN 9783527656028.

11. Zeng, Y.; Li, Y.Y.; Chen, J.; Yang, G.; Li, Y. Dendrimers: A mimic natural light-harvesting system. *Chem. - An Asian J.* **2010**, *5*, 992–1005.
12. Furukawa, K.; Ueno, Y.; Takamura, M.; Hibino, H. Graphene FRET Aptasensor. *ACS Sensors* **2016**, *1*, 710–716, doi:10.1021/acssensors.6b00191.
13. Fujii, S.; Morita, T.; Kimura, S. Photo-induced electron transfer in thin layers composed of fullerene trapped by cyclic peptide and a pyrene derivative. In Proceedings of the Polymer Preprints, Japan; **2006**; Vol. 55.
14. Duhamel, J. Pyrene fluorescence to study polymeric systems. In *Molecular Interfacial Phenomena of Polymers and Biopolymers*; **2005**; pp. 214–248 ISBN 9781855739284.
15. Vonlanthen, M.; Cevallos-Vallejo, A.; Aguilar-Ortíz, E.; Ruiu, A.; Porcu, P.; Rivera, E. Synthesis, characterization and photophysical studies of novel pyrene labeled ruthenium (II) trisbipyridine complex cored dendrimers. *Polym. (United Kingdom)* **2016**, *99*, 13–20, doi:10.1016/j.polymer.2016.06.061.
16. Zaragoza-Galán, G.; Fowler, M.A.; Duhamel, J.; Rein, R.; Solladié, N.; Rivera, E. Synthesis and characterization of novel pyrene-dendronized porphyrins exhibiting efficient fluorescence resonance energy transfer: Optical and photophysical properties. *Langmuir* **2012**, *28*, 11195–11205. doi:10.1021/la301284v.
17. Zaragoza-Galán, G.; Fowler, M.; Rein, R.; Solladié, N.; Duhamel, J.; Rivera, E. Fluorescence resonance energy transfer in partially and fully labeled pyrene dendronized porphyrins studied with model free analysis. *J. Phys. Chem. C* **2014**, *118*, 8280–8294, doi:10.1021/jp501445n.
18. Porcu, P.; Vonlanthen, M.; Gonz, I.; Ruiu, A.; Rivera, E. Design of Novel Pyrene-Bodipy Dyads: Synthesis, Characterization, Optical Properties, and FRET Studies. **2018**, *23*(9), 2289. doi:10.3390/molecules23092289.
19. Heimel, P.; Mondal, A.; May, F.; Kowalsky, W.; Lennartz, C.; Andrienko, D.; Lovrincic, R. Unicolored phosphor-sensitized fluorescence for efficient and stable blue OLEDs. *Nat. Commun.* **2018**, *9*, 4990, doi:10.1038/s41467-018-07432-2.
20. Martin, S.F.; Tatham, M.H.; Hay, R.T.; Samuel, I.D.W. Quantitative analysis of multi-protein interactions using FRET: Application to the SUMO pathway. *Protein Sci.* **2008**, *17*(4), 777-784, doi:10.1110/ps.073369608.
21. Varghese, S.S.; Zhu, Y.; Davis, T.J.; Trowell, S.C. FRET for lab-on-a-chip devices - Current trends and future prospects. *Lab Chip* **2010**, *10*, 1355.

¿Cómo se infectan las células por virus y bacterias?

Ma. Cristina Piña Barba¹, David M. Giraldo-Gómez²,
Karla K. Gómez-Lizárraga³

1. Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM
Av. Universidad 3000. Circuito Exterior s/n
Coyoacán, CP 04510. CDMX
2. Facultad de Medicina, UNAM. Av. Universidad 3000.
Circuito Interior s/n. Coyoacán, CP 04510. CDMX
3. CONACyT / Instituto de Ciencias Aplicadas y
Tecnología. UNAM. Av. Universidad 3000. Circuito
Exterior s/n. Coyoacán, CP 04510. CDMX

crispina99@gmail.com

Resumen

En este trabajo se presentan las descripciones de virus, bacterias y células, así como de sus propiedades, su actividad, vida y muerte. Una vez que se entiende esto se explica qué son la esterilización, la sanitización y la desinfección. Se pretende que el lector llegue a sus propias conclusiones en torno a conceptos bastante relevantes y términos muy escuchados en el contexto sanitario actual.

Palabras clave: microorganismos, virus, bacterias, células, membrana plasmática, matriz extracelular, SARS-CoV-2.

Introducción

Quienes hemos vivido la pandemia mundial del 2020 (una pandemia provocada por un virus de la familia de los coronavirus, que produce la enfermedad denominada COVID-19) hemos tenido que aprender las diferencias que existen entre virus y bacterias.

Algunas de estas entidades biológicas son benéficas para el organismo, otras atacan nuestras células provocando enfermedades y algunas veces hasta la muerte. Durante meses, en los cuales nos hemos visto forzados a no salir de nuestras casas por la llamada cuarentena, hemos sido aleccionados por todos los medios de comunicación y redes sociales: lavarnos las manos cada 2 o 4 horas, bañarnos siempre que regresemos de la calle, usar tapabocas y mascarillas en caso de salir a un lugar público, mantenernos alejados entre nosotros al menos 1.5 metros, no saludarnos de mano y menos de beso, etc.

En este trabajo explicaremos por qué este tipo de microorganismos pueden afectar nuestros cuerpos, desde levemente hasta poder causar la muerte. También mencionaremos cómo podemos combatirlos cuando (como es el caso de SARS-CoV-2) no se conoce ningún tipo de medicamento para curar la enfermedad producida.

Microorganismos

Los microorganismos son organismos tan pequeños que solo pueden verse con la ayuda de un microscopio, óptico o electrónico, dependiendo de su tamaño. Pueden ir, desde algunas micras (10^{-6} m) hasta algunos pocos nanómetros (10^{-9} m). Generalmente se trata de virus, bacterias, hongos, algas unicelulares o protozoos que tienen distintas formas y tamaños. Los encontramos en todas partes, tanto dentro como fuera de nosotros.

Los microorganismos (también llamados microbios), son de las primeras formas de vida que aparecieron sobre la Tierra, hace aproximadamente 3 800 millones de años. Algunos de ellos producen oxígeno y son muy importantes para la vida en nuestro planeta. Muchos de ellos son totalmente inofensivos y beneficiosos para nuestro cuerpo, su ausencia puede provocarnos enfermedades. Llama la atención que puedan vivir en condiciones extremas, desde las regiones más frías del planeta hasta temperaturas cercanas a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ –recordemos que el cuerpo humano se deteriora irreversiblemente cuando alcanza los $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ –. Los microorganismos han desarrollado mecanismos de dispersión y de resistencia, tienen la capacidad de alterar el medio en el que se encuentran. Algunos de ellos son tan pequeños y tan livianos que pueden dispersarse por las partículas del aire.

Virus

Los virus han existido por millones de años. La palabra virus viene del latín y significa veneno o toxina. Los virus son entidades biológicas que no tienen vida y, por lo tanto, no se pueden *matar* en el sentido estricto de la palabra. Están formados, principalmente, por pequeños pedazos de ácido ribonucleico (ARN) o de ácido desoxirribonucleico (ADN). Los virus están protegidos por una envoltura hecha a base de proteínas llamada cápside o cápsula, y en ocasiones pueden tener fragmentos de membrana celular.

- Helicoidal 1
- Poliédrico 2
- Esférico 3
- Complejo 4

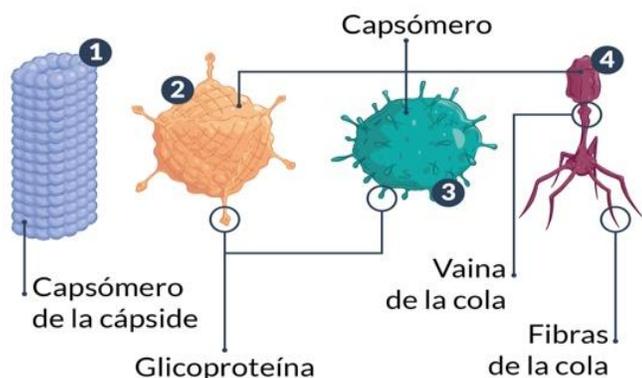


Figura 1. Se muestran algunos tipos diferentes de virus que podemos encontrar. Dentro de sus cápsides se encuentra el genoma viral.

Bacterias

Las bacterias se alimentan del medio ambiente en el que se encuentran. Son unicelulares y carecen de núcleo (células procariontas). Tradicionalmente se encontraban clasificadas dentro del reino de las moneras y (dependiendo de la especie) pueden sobrevivir dentro y fuera de las células de otro organismo vivo. No todas son patógenas (es decir que no todas producen enfermedades), algunas son beneficiosas para el organismo.

Presentan un tamaño que oscila, generalmente, entre 0.5 y 5 micras o micrómetros. Existen diferentes sistemas de clasificación y su morfología es muy diversa: bacilos (barras o “bastones”), cocos (esferas), helicoidales, filamentos, curvas y

espirilos (espirales). Estas deben realizar todas las funciones necesarias para la supervivencia y reproducción, es por eso que cuentan casi siempre con su propio citoplasma, ribosomas y membrana plasmática.

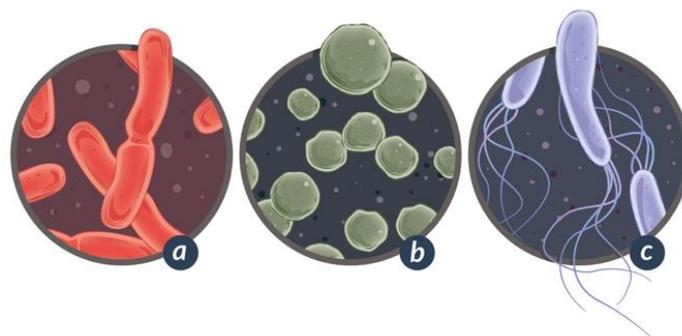


Figura 2. Se muestran diferentes morfologías de bacterias: a) bacilos, b) cocos y c) espirilos

La mayor parte de las bacterias no causan ningún daño a los humanos. De hecho, nos ayudan en procesos como la digestión y asimilación de nutrientes, regulan el sistema inmunitario y destruyen células causantes de enfermedades; son, en realidad, muy pocas las que causan daño. Al conjunto de bacterias que crecen en un tejido específico del cuerpo (y que son parte importante del mismo) se le conoce como microbiota humana. Están presentes en casi todo el organismo, pero si estas emigran a otro tejido podrían ser causantes de enfermedades, ya que no forman parte de su microbiota.

Algunas bacterias pueden sobrevivir en condiciones muy adversas para el ser humano. La mayoría de bacterias comunes pueden eliminarse exponiéndose a altas temperaturas, mayores a 70 °C, por tiempos prolongados; pero esto también modifica otros muchos componentes de la vida.

Las bacterias que son patógenas al organismo pueden producir enfermedades infecciosas. Entre los síntomas más comunes que se presentan en pacientes con cuadros infecciosos se encuentran: fiebre, diarrea, cansancio, dolores musculares diversos y tos. Estos mismos síntomas también los pueden causar algunos de los virus que son dañinos para el ser humano. Quizá de ahí provenga la (frecuente) confusión de pensar que las enfermedades producidas por virus pueden también curarse con los antibióticos que fueron diseñados para parásitos o bacterias, lo cual, es un grave error.

La célula

La célula es la unidad anatómica, fisiológica y de origen, más pequeña de los organismos vivos. Se trata de un inmenso conjunto de moléculas, altamente organizadas, dentro de un sistema. Todos los organismos vivientes del planeta están formados por células. Los más pequeños constan de un solo tipo de célula y algunos de los más complejos constan de cientos de células diferentes que en conjunto suman miles o millones, dentro de tejidos y órganos diferenciados. El espacio que ocupa una célula está rodeado de una membrana, que separa el interior del medio exterior, y se conoce como membrana plasmática. La membrana debe ser capaz de dejar pasar los nutrientes que necesita y de sacar los desechos de la célula. Permite la comunicación entre las células, ayuda en su desplazamiento y mantiene un equilibrio fisicoquímico entre el medio externo y el interno.

Una clasificación histórica de las células las divide en procariotas y eucariotas. Las células procariotas no contienen núcleo celular y es aquí donde hallamos a las arqueas y a las bacterias. Las arqueas son microorganismos unicelulares carentes de núcleo y de estructuras membranosas internas u orgánulos, están envueltas en una pared celular constituida por diferentes materiales que les proporcionan gran resistencia contra agentes dañinos.

Las células eucariotas sí tienen núcleo y orgánulos (que son estructuras que realizan diferentes funciones para preservar la vida de la célula: el aparato de Golgi, los lisosomas y las mitocondrias son algunos ejemplos). Su aparición sobre la Tierra se dio hace unos 1 500 millones de años, después de que aparecieron las células procariotas.

En el cuerpo humano hay alrededor de 200 tipos diferentes de células cumpliendo funciones vitales. Se distinguen entre sí por su tamaño, forma y función. Las células humanas toman formas muy variadas que pueden ir desde las casi esféricas hasta las estrelladas, esto depende de sus funciones y del medio en el que viven. En la **Figura 3** se muestra esquemáticamente una célula eucariota.

Cada uno de los componentes celulares tienen una función específica que llevar a cabo, aquí solo hablaremos de los que están relacionados directamente con las infecciones virales o bacterianas en el ser humano. La membrana celular o membrana plasmática es la primera barrera con la que se encuentra cualquier ente externo.

- 1 Membrana nuclear
- 2 Poro
- 3 Cromatina
- 4 Ribosomas
- 5 Retículo E. (rugoso)
- 6 Retículo E. (liso)
- 7 Vacuolas
- 8 Aparato de Golgi
- 9 Lisosomas
- 10 Centriolos
- 11 Mitocóndrias
- 12 Microtúbulos
- 13 Microfilamentos
- 14 Membrana
- 15 Fibras intermedias

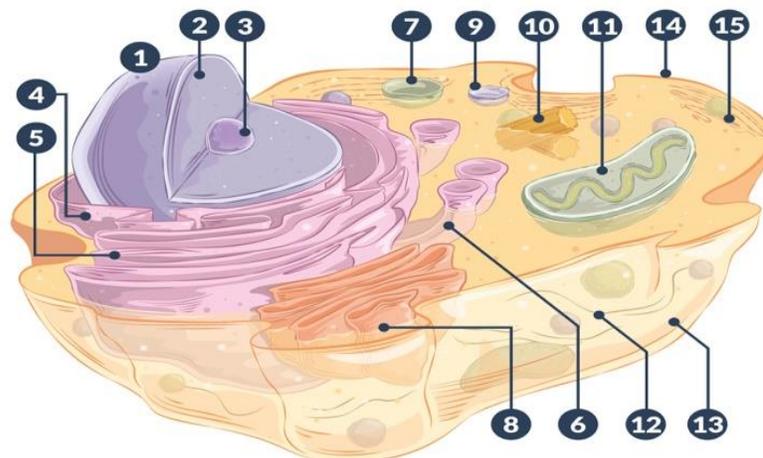


Figura 3. Representación gráfica de una célula animal con varios de sus componentes principales

Membrana celular

Las membranas celulares están formadas por lípidos, proteínas y glúcidos (o carbohidratos). Su estructura, organización y propiedades están determinadas por los lípidos (fosfolípidos, glucolípidos o esteroides), los cuales forman la llamada membrana bilipídica, consistente en una doble capa de moléculas que tienen un extremo hidrofílico (soluble en agua) y otro hidrofóbico (insoluble en agua).

Los fosfolípidos son los más abundantes, presentando la parte hidrofílica hacia el exterior y el interior de la célula, mientras que la parte central de la membrana contiene la parte hidrofóbica, como se muestra en la **Figura 4**. Rodea y limita a la célula, constituyendo una barrera selectiva que controla el intercambio de sustancias entre el exterior y el interior.

La membrana no es una estructura estática, sus componentes tienen la posibilidad de moverse y esto le proporciona cierta fluidez. Su espesor es de aproximadamente 7.5 nm y es común a las membranas de los orgánulos que se encuentran en el citosol. Algunas funciones de la membrana, como la adhesión celular, el transporte o la función inmunitaria, dependen de la fluidez de la membrana.

Las proteínas de las superficies de las membranas (interior y exterior) son las encargadas del reconocimiento de señales químicas. Existen receptores hormonales, de neurotransmisores, de anticuerpos, de virus, de bacterias, etc. Estos, a su vez, pueden ser de naturaleza proteica como se ve en la **Figura 5**.

Entre las funciones de la membrana celular encontramos:

- ✓ Producción y control de gradientes electroquímicos
- ✓ Intercambio de señales
- ✓ Barrera selectiva
- ✓ División celular
- ✓ Endocitosis y exocitosis
- ✓ Inmunidad celular

A través de la membrana plasmática de las células se encuentran una serie de lípidos, proteínas y glúcidos que la atraviesan cumpliendo diferentes funciones. Esto ocurre para todas las membranas celulares, lo que cambia es la composición entre ellas. Para algunas células la proporción de lípidos puede ser mayor que la de proteínas, o al revés.

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1 Cola hidrofóbica | 6 Proteín P. externa |
| 2 Cola hidrofílica | 7 Glucoproteína |
| 3 Colesterol | 8 Fosfolípido |
| 4 Proteína P. interna | 9 Proteína integral |
| 5 Glucolípido | |

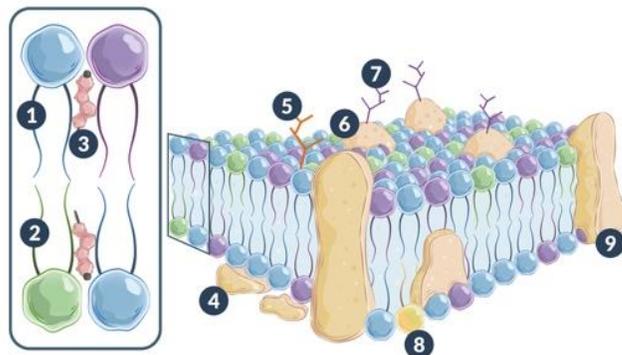


Figura 4. Representación gráfica de la membrana celular y sus componentes

- | | |
|-----------------|-----------------------|
| 1 Célula | 8 Glucolípidos |
| 2 Glucoproteína | 9 Enzima |
| 3 Virus | 10 Receptores |
| 4 Anticuerpo | 11 Citoplasma |
| 5 Lectina | 12 Membrana de plasma |
| 6 Ligando | 13 Bacteria |
| 7 Hormona | |

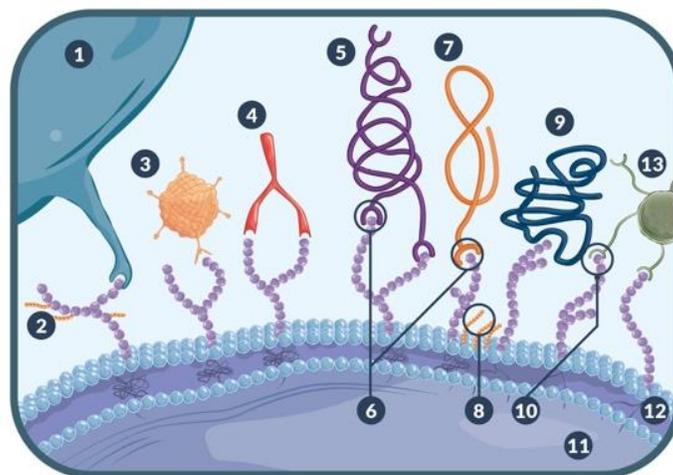


Figura 5. Representación gráfica del reconocimiento de diferentes estructuras por la membrana celular

En la **Figura 6** se muestran las funciones de las proteínas de membrana. Lo más importante es que son capaces de diferenciar si se trata de virus, bacterias, señales de otras células, hormonas, etc. Las proteínas que se encuentran en ella dejarán entrar, salir o permanecerán inalteradas frente algunos componentes que llegan a la superficie. La membrana plasmática posee alrededor de un 20 % de proteínas que cumplen funciones de conexión, transporte y catálisis. En su parte mas extensa posee diversos glúcidos que sirven de soporte y de indentificación intercelular. La membrana celular es vital para la célula porque, si esta se rompe, la célula morirá en pocos segundos.

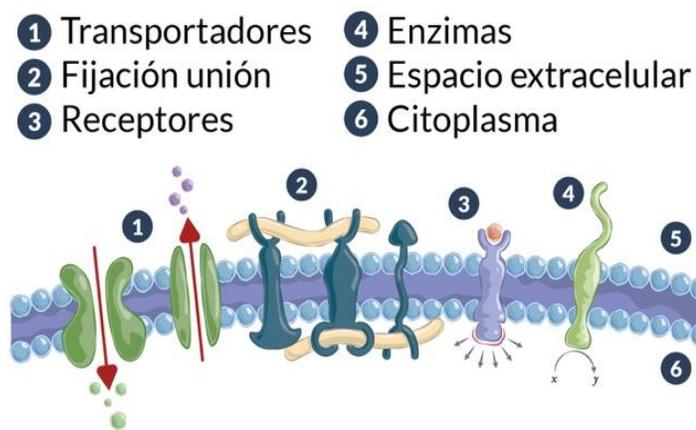


Figura 6. En la figura se representan las funciones de las proteínas que atraviesan la membrana celular. Las transportadoras se encargan de introducir o sacar moléculas al interior de la célula de acuerdo al medio ambiente fisicoquímico. Las *linkers* o enlazadoras se encargan de enlazar proteínas del interior o del exterior de la célula.

Núcleo, orgánulos y citoplasma

En el interior de la **membrana plasmática** se encuentran el **núcleo** y los **orgánulos**, entre la membrana plasmática y los orgánulos se encuentra el **citosol**. El citosol más el conjunto de orgánulos forman el **citoplasma**, que es un fluido dinámico compuesto por agua, sales y diferentes moléculas orgánicas.

El **citoplasma** comprende todo el volumen (interior de la membrana plasmática) de la célula, excepto su núcleo. Le da soporte a la célula manteniendo su forma, confiere movimiento a sus componentes y nutre a la célula por medio de las reacciones químicas que se llevan a cabo en él, como la síntesis de proteínas, la glucólisis, etc.

El **núcleo** es el centro de control de la célula. Contiene al ADN (ácido desoxiribonucleico) en forma de cromosomas descondensados y se encarga de mantener su integridad. Los cromosomas contienen los genes, encargados de transmitir los caracteres hereditarios. El ser humano tiene 46 cromosomas formando 23 pares en sus células. En los óvulos y en los espermatozoides solo hay 23 cromosomas, y cuando se produce la fertilización se alcanza el número total de 46.

El **núcleo**, como otros orgánulos, tiene una membrana similar a la membrana plasmática y esto lo aísla del resto de la célula. Su forma puede ser esférica, elíptica o irregular, dependiendo del tipo de célula que se trate. Todas las células de los mamíferos tienen al menos uno, con algunas excepciones como los glóbulos rojos de la sangre que carecen de núcleo. En el núcleo está toda la información genética de la célula; ahí se encuentra la cromatina, constituida por ADN y proteínas.

La función del núcleo es esencial para la vida, ya que debe mantener la integridad de los genes. Los organiza en cromosomas específicos, lo que permite la correcta división celular y facilita la transcripción de su contenido. Produce el ARN mensajero (ARNm) a partir del ADN, el cual sirve de matriz para la síntesis de proteínas que se lleva a cabo posteriormente en el citoplasma.

La membrana nuclear cuenta con poros que permiten el paso de moléculas del citoplasma al núcleo y viceversa.

El **nucleolo** es una región del núcleo celular, se considera una estructura supra-macromolecular que se organiza en torno a cromosomas específicos que contienen partes repetidas del ADN llamadas NORs (Regiones Organizadoras Nucleolares, por sus siglas en inglés). También participa en funciones del envejecimiento celular.

En el **nucleolo** se lleva a cabo la síntesis de los **ribosomas**, que son los encargados de la traducción genética y de ensamblar proteínas. Una vez formados los ribosomas son transportados al citoplasma de la célula, donde sirven como centros de síntesis de proteínas. Hay uno o más nucleolos en todas las células eucariotas, a excepción de los espermatozoides y ciertas células anfibias. Su tamaño varía dependiendo del tipo de célula del que se trate.

Las **mitocondrias** son orgánulos que se encuentran en el citoplasma. Se dedican a proporcionar el combustible químico necesario para que las células puedan funcionar.

En el citoplasma hay moléculas de glucosa, ácidos grasos y aminoácidos que son capaces de ingresar dentro de las

mitocondrias y que sirven de materia prima para que estas produzcan las moléculas de adenosintrifosfato (ATP) o trifosfato de adenosina. Esta molécula es el combustible celular. Tienen una membrana muy parecida a la membrana celular, y esta también permite el paso de materiales del citoplasma a su interior y viceversa.

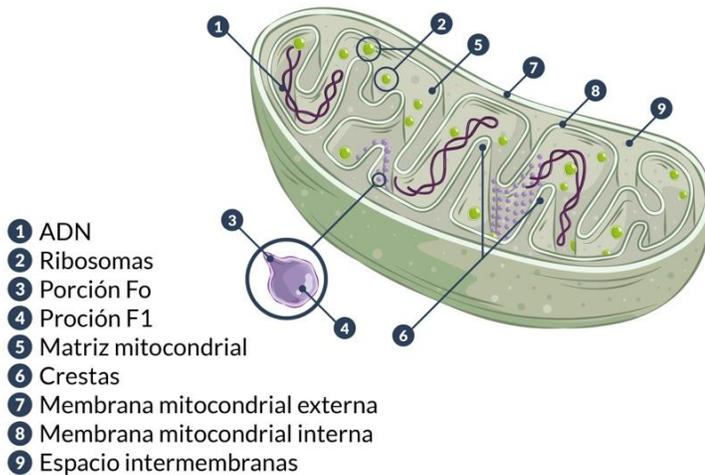


Figura 7. Las mitocondrias se encuentran en el citoplasma de las células. Presentan un aspecto alargado y es ahí donde se produce el ATP (o combustible celular) que les permite a las células llevar a cabo sus funciones

El **aparato de Golgi** o **Complejo de Golgi** es otro orgánulo presente en todas las células eucariotas, está formado por sacos aplanados limitados por membranas. Siempre hay más de uno (incluso puede haber hasta 50 de ellos en la célula). Ayuda en la fabricación y empaquetamiento de proteínas y lípidos.

Las **proteínas** están formadas por aminoácidos, unidos entre sí por un tipo de enlace llamado peptídico. Existen 20 aminoácidos principales que son comunes en los seres vivos, el orden y la disposición de los mismos depende del código genético de cada ser vivo. Las proteínas están involucradas en la formación de tejidos, anticuerpos, hormonas enzimas y otras moléculas indispensables para la vida, por ejemplo, colágeno, insulina, caseína, queratina, albúmina, prolactina, gluteína, elastina, fibrina, gammaglobulina, hemoglobina, inmunoglobulinas, etc. Prácticamente todos los procesos biológicos incluyen proteínas. La variedad de funciones incluye: catalizadores biológicos, enzimas, anticuerpos y en la

formación de soportes estructurales, fundamentales para el crecimiento de los seres vivos. Están formadas principalmente por átomos de Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno (CHON), y ocasionalmente con Azufre (S) y otros elementos.

Los **ribosomas** están presentes en todas las células, a excepción de los espermatozoides. Son capaces de “leer” el ARN mensajero y de formar los aminoácidos suministrados por los ARN de transferencia a la proteína en crecimiento. Al proceso anterior se le conoce como traducción o síntesis de proteínas.

Las **vacuolas** son cavidades en el citoplasma y están limitadas por una membrana que se conoce como tonoplasto. Ayudan a retener los productos de desecho de las células, desintegran las macromoléculas y reciclan algunos componentes dentro de la célula. Regulan el agua entre la célula y el medio; con esto se aseguran de que la célula tenga los niveles adecuados de agua para su funcionamiento, sacando el agua de la célula cuando es excesiva. En ellas se produce la digestión de las sustancias nutritivas y su transporte al interior de la célula.

Los **lisosomas** son vesículas membranosas involucradas en la digestión de macromoléculas dentro de la célula. Estas cuentan con enzimas digestivas muy poderosas y pueden destruir entidades como virus y bacterias.

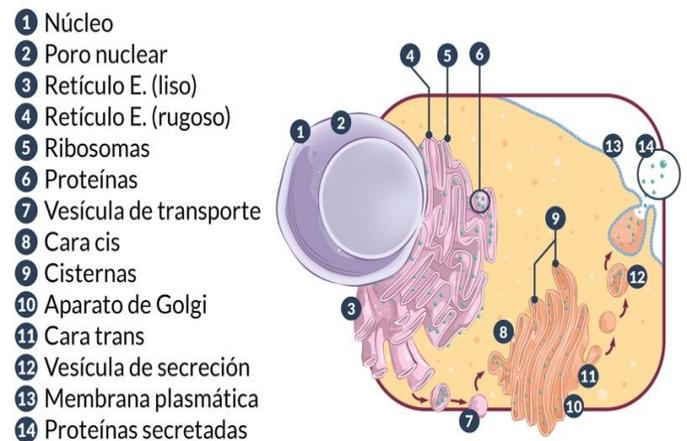


Figura 8. Representación gráfica de la producción de proteínas dentro de la célula.

El **retículo endoplasmático rugoso** se encarga de sintetizar proteínas, las cuales suele empaquetar en vesículas. Su aspecto se debe a los ribosomas que se adhieren a la superficie (el retículo endoplasmático liso carece de ribosomas). Su función principal es la síntesis de los lípidos estructurales de

las membranas de las células eucariotas y también de algunas hormonas. En el cuerpo humano, los hepatocitos (que son células en el hígado) son las que tienen el retículo endoplasmático liso más desarrollado.

Las **vesículas**, también llamadas vesículas pinocíticas, son pequeños compartimentos cerrados que están separadas del citoplasma por una membrana (igual a la plasmática). Sirven para almacenar, transportar y digerir productos o residuos celulares, haciendo una función muy importante en la organización del metabolismo celular.

Los **centriolos** son orgánulos en forma de cilindros pequeños que miden entre 150 y 500 nm de altura por 250 nm de diámetro. Se ubican en el citoplasma de las células animales, cerca de la membrana nuclear. Cuando la célula se prepara para las fases de división, los centriolos organizan los microtúbulos (que forman el sistema esquelético de la célula), permitiendo el movimiento de los cromosomas. Los centriolos son una de las pocas estructuras celulares aportadas por el padre y son el origen de todos los centriolos en los trillones de células del cuerpo humano.

El **sistema esquelético** de la célula, o **citoesqueleto**, es una estructura dinámica que mantiene la forma de la célula y la ayuda a moverse. Utiliza cilios, flagelos o ambos y es indispensable para el tráfico intracelular y la división celular. Está compuesto por **microfilamentos**, **filamentos intermedios** y **microtúbulos**, tal como se muestra en el esquema de la **Figura 9**.

Los **microfilamentos** tienen de 3 a 7 nm de diámetro y están formados por monómeros de actina en forma de doble hélice. Son los responsables de los movimientos celulares, los procesos de endocitosis, la fagocitosis y de la citocinesis. Producen la contracción de las células musculares y ayudan en la cohesión celular.

Los **filamentos intermedios** están compuestos de proteínas fibrosas entrelazadas que forman estructuras tubulares de 8 a 12 nm de diámetro. Su función principal es mantener anclados al núcleo y a los orgánulos.

Los **microtúbulos** están formados por proteínas tubulinas, que se acomodan en forma de cilindros huecos y llegan a tener hasta 25 nm de diámetro. Cada tubulina está compuesta por dos subunidades: alfa tubulina y beta tubulina. Su estructura es dinámica, pueden acomodarse en grandes cilindros huecos o desbaratarse rápidamente. Presentan direccionalidad, ayudan a que las células resistan las fuerzas de compresión, ayudan en el

transporte de vesículas y otros elementos; son básicos en la estructura de cilios, flagelos y centrosomas.

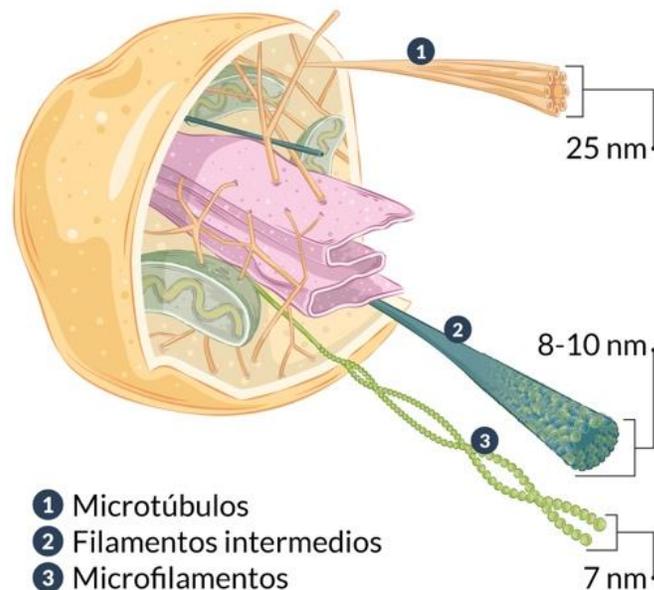


Figura 9. Representación gráfica de los componentes del citoesqueleto y microfotografías de dichos componentes en una célula.

Matriz extracelular

Las células de los organismos pluricelulares (y algunos unicelulares) están rodeadas por un conjunto de moléculas fabricadas por ellas mismas. A esta se le conoce como matriz extracelular y en los animales superiores es necesaria para formar los diferentes tejidos. Sus propiedades características están determinadas por el tipo de células y por la matriz extracelular de las que se trate.

¿Cómo infectan los virus a la célula?

A los virus que tienen la capacidad de infectar células sanas se les llama viriones. Una vez dentro de la célula, el virión debe desenvolverse, por lo que pierde la cápside y se mueve al orgánulo que le permita su replicación.

Los virus, al no tener “vida propia”, no pueden reproducirse solos. Para hacerlo tienen que entrar en una célula y usar los mecanismos de la misma para reproducirse. Dentro de la célula del hospedero, el sistema inmunológico no logra eliminarlos.

El genoma viral contiene la información necesaria para iniciar y completar su ciclo infeccioso dentro de la célula, provocando así la enfermedad.

Una vez que se ensamblan cientos de ellos adentro de la célula, salen para invadir otras células. Todo lo que necesitan es una célula viva (incluso hay virus que infectan bacterias). Los virus siempre están mutando, sobreviven porque, durante su reproducción, se generan muchos diferentes mutantes. La selección natural elimina a los mal adaptados y solo sobreviven los virus más aptos. Por ello resulta tan difícil generar una vacuna.

Para tener una idea de qué tan pequeños y ligeros son los virus hay que saber que en el agua de nuestro planeta hay alrededor de 10^{30} (un uno seguido de 30 ceros) virus en total. Todos ellos pesan en conjunto algo así como 10^{-15} g (es decir 1 entre 10^{15} gramos). Los virus se encuentran en todos lados, por lo que desde que nacemos estamos respirando y comiendo virus. Algunos de ellos son responsables de provocar numerosas enfermedades en humanos, entre ellas: Sida, resfriado común, ébola (fiebre hemorrágica), herpes genital, influenza, sarampión, varicela y herpes zóster, entre otras.

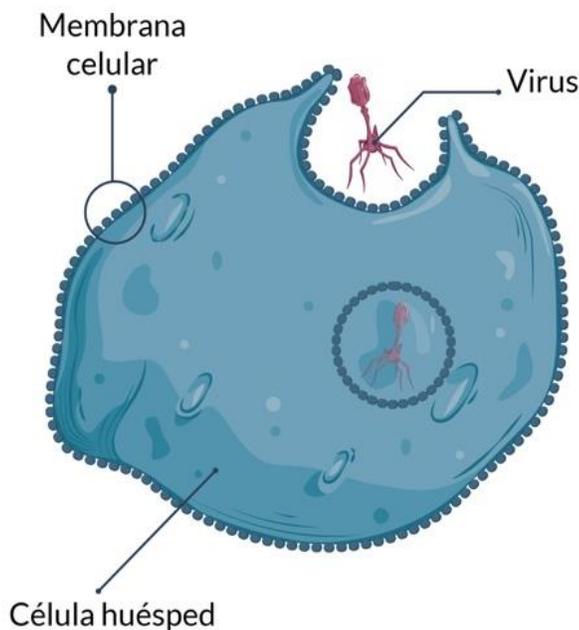


Figura 10. Un virus que llega a la membrana celular desata una cascada de reacciones de la célula para que esta lo meta a su interior, infectándolo.

Contaminación por virus y bacterias: mecanismos de entrada de virus y bacterias

Cuando los virus patógenos ingresan en un organismo huésped, se alojan temporalmente en la matriz extracelular. Una vez ahí, lo que buscan es ingresar a una célula para poder reproducirse y lo hacen por un proceso llamado endocitosis.

La **endocitosis** es el proceso mediante el cual la célula toma moléculas grandes o líquido de la matriz extracelular mediante un pliegue interno de la membrana celular y la formación de vesículas endocíticas intracelulares. Dependiendo del tamaño de las vesículas podemos hablar de dos tipos de endocitosis: pinocitosis y fagocitosis.

La **pinocitosis** emplea vesículas pequeñas que introducen líquidos, partículas o moléculas pequeñas a la célula. La **fagocitosis** involucra vesículas grandes que introducen moléculas grandes, virus o bacterias a las células. Cuando se trata de grandes concentraciones moleculares, el proceso se complica y se conoce como endocitosis mediada por receptores. Hay que recordar que, si la membrana celular se llega a romper, la célula se muere en poco tiempo. Para evitarlo usa receptores que le permiten sellar la membrana evitando su ruptura; se ilustra en la **Figura 11**.

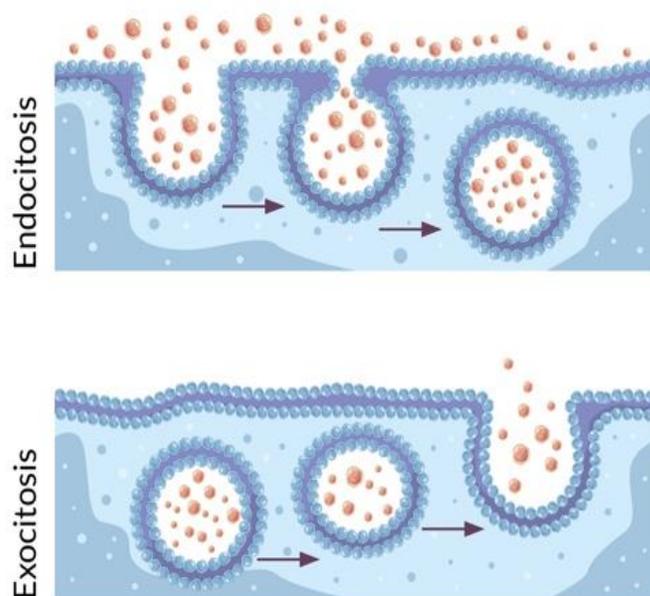


Figura 11. Representación gráfica de los procesos de endocitosis y exocitosis de la célula.

Las **vesículas endocíticas** permiten que los virus entren a la célula de manera relativamente sencilla y que atraviesen el citoesqueleto y el citoplasma. Esta vía no permite que el sistema inmune los detecte.

Tanto la **endocitosis** como la **exocitosis** son procesos complejos, lo que nos interesa aquí es que son los procesos mediante los cuales los virus y las bacterias entran y salen de las células multiplicándose en el organismo. Para evitar que un organismo se infecte solo se han desarrollado las vacunas. Los medicamentos ayudan en su curación, pero no evitan su infección. Se dan siempre y cuando ya exista la infección.

¿Cómo funcionan las vacunas?

Una vacuna es una preparación destinada a generar inmunidad adquirida contra una enfermedad, estimulando el sistema inmunológico de la persona a la que se le aplicó. Las vacunas se producen con toxinas, bacterias, virus atenuados, virus muertos o son producidas mediante Ingeniería genética y otras técnicas científicas. Las vacunas pueden producir los síntomas de la enfermedad para la que se aplican, pero de forma atenuada, y suelen desaparecer en poco tiempo.

Las vacunas y el agua potable son muy importantes en la prevención de enfermedades. Dependiendo de la salud de la persona, es el personal médico quien debe tomar la decisión de prescribir una vacuna o no.

Las vacunas que más vidas han salvado son las de: viruela (ya erradicada del planeta en los años 80), peste bovina (erradicada en el 2011), poliomielitis, rabia, sarampión, tétanos, difteria, tosferina, fiebre amarilla y hepatitis B.

Agradecimientos

Queremos agradecer a la UNAM, a través de los Proyectos PAPIIT IT100719 y TA200520, en tiempos de pandemia y de coronavirus SARS-Cov-2, la oportunidad de contar con tiempo para escribir este artículo de divulgación, que esperamos les sirva a todos, niños, jóvenes y gente mayor, para entender cómo es que nos infectamos con virus. También queremos agradecer al Dr. Fernando Garcés Poo por su ayuda con las figuras de este texto y a Astron R. Martínez Rosas por sus correcciones al escrito.

Referencias

[Atlas de Histología Vegetal y Animal Depto. de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología. Universidad de Vigo. España](#)

Actualizado 28-01-2020

Michelle Gutiérrez, Susana López. Mecanismos de entrada de virus: una manera de conocer a la célula. Artículo de revisión. TIP Revista especializada en ciencias químico-biológicas. Vol 13 (1): 2634, 2010. ISSN 1405-888X.

Archundia García, Abel (1997). *Educación quirúrgica para el estudiante de ciencias de salud*. México: Méndez-editores. pp. 81-109.

[ISBN 9686596208. OCLC 39719626.](#)

[«ISBN 9789686596205».](#)

Dr. Jesús Tápia Jurado; Dr. Abel Archundia García; Dr. Wulfrano Antonio Reyes Arellano, eds. *Introducción a la cirugía*. México: McGraw-Hill (2011).

[ISBN 978-607-02-2469-00](#)

Wikipedia en internet, buscando todos los temas aquí tratados.



Análisis cuantitativo de plomo (II) basado en voltamperometría diferencial de pulso con redisolución anódica y electrodos de pasta de carbón con MIP

Luz Elena Rebolledo Perales, Gian A. Álvarez Romero, Israel Samuel Ibarra Ortega, Carlos A. Galán Vidal, Irma Pérez Silva

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Química. Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5 C.P. 42184
Mineral de la Reforma. Hidalgo, México

re415661@uaeh.edu.mx

Introducción

La contaminación por metales pesados en recursos hídricos plantea una de las más severas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global y local [1], ya que más del 70 % estos recursos presentan algún grado de contaminación debido a las descargas de compañías textiles, alimenticias, mineras, químicas, petroquímicas, de bebidas y fabricación de tuberías, como se indica en la figura 1 [2, 7].

Dada su toxicidad y abundancia, el plomo es considerado uno de los metales más peligrosos. La exposición a este elemento



Fig. 1 Fuentes de contaminación de plomo

provoca más de 143 mil muertes cada año debido a que tiende a distribuirse en diferentes órganos y tejidos donde se va acumulando. Es por esto que la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) establece 0.015 mg/L de concentración de Pb permitido en agua potable [3]. La toxicidad de un metal depende de la dosis y el estado en que se ingiera. A veces la diferencia entre concentración tóxica y concentración permisible es mínima [4, 5].

Lo anterior hace imperativo contar con técnicas analíticas verdes, selectivas y sensibles para cuantificar este metal. Las técnicas espectrofotométricas, comúnmente usadas, aportan gran selectividad y sensibilidad, pero requieren pretratar exhaustivamente la muestra, utilizar consumibles de alto costo y la instrumentación ocupada es sofisticada [6, 8].

En este sentido, las metodologías electroquímicas han emergido como posibles alternativas ya que han resuelto estas desventajas permitiendo el análisis de metales in situ, en tiempos cortos y con un bajo costo. El corazón de una técnica electroanalítica es el electrodo de trabajo, en especial, los electrodos de pasta de carbono han mostrado ser versátiles al poder incorporar en la *mezcla composite* nuevos materiales que le otorgan propiedades únicas.

De esta forma, al enriquecer los electrodos de pasta con materiales altamente selectivos como los polímeros molecularmente impresos (MIP) (figura 2), se logra desarrollar una técnica cuantitativa electroquímica altamente selectiva a Pb^{2+} ideal para su uso en muestras complejas, lo que minimiza el pretratamiento de esta y conlleva a mejoras en el tiempo y costo del análisis.

Los MIPs tienen la capacidad de reconocimiento altamente selectivo hacia la molécula plantilla, de acuerdo con su forma, tamaño e interacciones formadas con los monómeros funcionales.

Los MIPs se sintetizan en presencia de una “plantilla”, que es el analito a cuantificar (en este caso el plomo). La plantilla interacciona con los monómeros funcionales en una etapa de prepolimerización y posteriormente en la etapa de polimerización se agrega un agente entrecruzante que formará las cavidades de reconocimiento y dará estabilidad mecánica a la matriz tridimensional. Finalmente, se elimina la plantilla mediante lavados con alcohol acidificado y con agua destilada, logrando sintetizar así un MIP que tiene restricciones en cuanto a forma, tamaño e interacciones; el resultado es un material altamente selectivo.

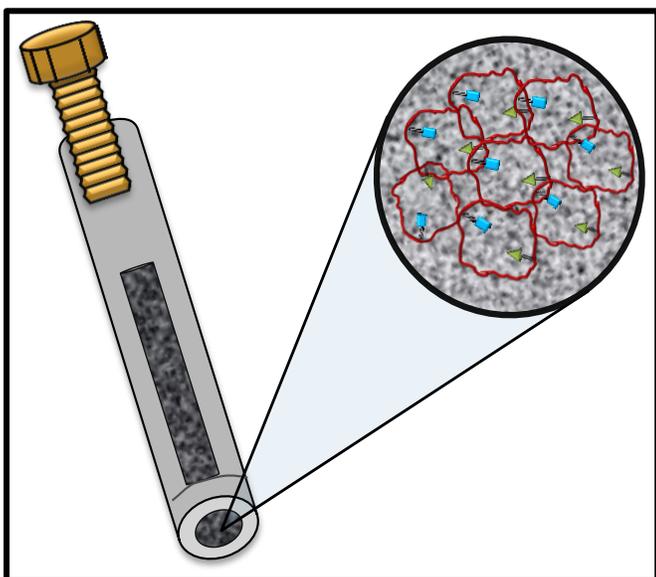


Fig. 2 Mezcla composite del CPE modificada con MIPs

Es en este sentido que la presente investigación plantea aprovechar las ventajas de los electrodos de pasta de carbono (CPE) y los MIP para resolver las limitaciones de las técnicas convencionales y permitir el desarrollo de un método analítico para la cuantificación de plomo que sea sensible, selectivo, de bajo costo y amigable con el medio ambiente [9].

Metodología experimental

Optimización de síntesis de MIP

La etapa de prepolimerización se llevó a cabo durante dos horas con agitación constante utilizando sulfato de plomo, para obtener la plantilla, metanol (disolvente), y monómeros funcionales 4-vinilpiridina y ácido metacrílico. Posteriormente, en la etapa de polimerización, se agregó el agente

entrecruzante EDGMA, así como persulfato de sodio (que ayuda a iniciar la síntesis), se mantiene durante 16 horas en agitación constante usando un baño de aceite a 60 °C.

Se propuso realizar la síntesis en una relación monómeros-plantilla de 1:4, mediante el método Simplex Centroide. Se realizó un diseño de experimentos basado en 10 síntesis con diferentes combinaciones de los componentes (figura 3), con el objetivo de determinar aquella mezcla que ofreciera la mejor retención de plomo.

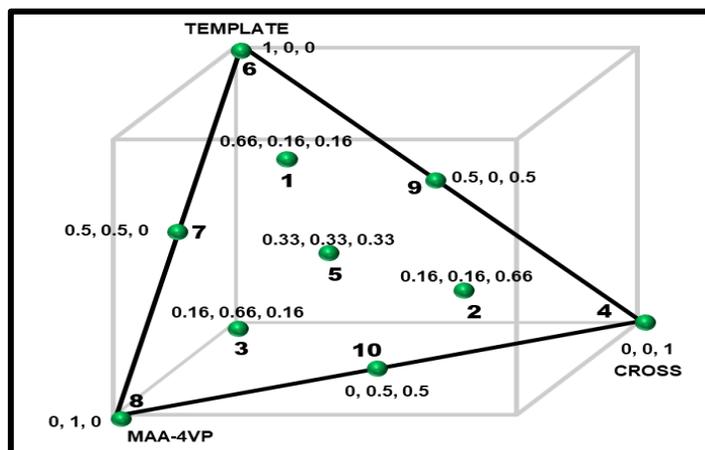


Fig. 3 Síntesis de MIP optimizada con el diseño de experimentos simplex centroide

Cuantificación electroquímica de plomo

El sistema de medición consistió en una celda electroquímica compuesta de un CPE enriquecido con MIP (CPE-MIP) como electrodo de trabajo, un electrodo de referencia de Ag/AgCl saturado y una barra de grafito de alta pureza que cumple la función de contraelectrodo.

El CPE-MIP fue sumergido durante cierto tiempo en 10 mL de buffer de acetatos 0.1 M a pH 5 con una concentración de Pb^{2+} de 1×10^{-5} M en agitación constante, de forma que la mayor cantidad de las cavidades del MIP en la superficie del CPE-MIP reconozcan al metal en la solución y se cargue con el mismo. Posteriormente, el CPE-MIP se retiró y enjuagó ligeramente con agua destilada, y se colocó en la celda electroquímica con 10 mL de HCl 0.1 M.

La cuantificación de Pb^{2+} se realizó con una primera etapa de preconcentración a un potencial de -1 V durante 50 segundos para lograr la reducción de Pb^{2+} a su estado metálico, posteriormente se realizó el barrido potencial mediante

Voltamperometría Diferencial de Pulsos en sentido anódico (DPASV) para oxidar (redissolver) el Pb⁰ a Pb²⁺. La señal analítica considerada para el plomo en las cavidades del MIP corresponde a la altura de pico desde la base de corriente hasta el máximo del pico obtenido. Finalmente, después de cada medición la superficie del CPE-MIP, se enjuagó con agua desionizada y se pulió sobre una hoja de papel de alta blancura hasta tener una superficie completamente uniforme y sin porosidades visibles.

Se optimizaron de forma univariable los parámetros que influyen sobre la respuesta del CPE-MIP, de forma que se maximice la corriente de pico de oxidación obtenida mediante la DPASV. Los parámetros optimizados fueron: cantidad de MIP incorporada en el CPE-MIP; pH, mediante soluciones Britton Robinson; concentración de buffer de acetatos; tiempo de carga del CPE-MIP en la solución de Pb²⁺; velocidad de agitación; tiempo y potencial de deposición en la etapa de preconcentración (redisolución anódica).

Finalmente, se realizó una curva de calibración en las condiciones óptimas establecidas y en condiciones sugeridas en la literatura.

Resultados obtenidos y discusión

La impresión molecular se logró mediante la formación del complejo monómero-plantilla, en el cual existen interacciones complementarias que aumentan la afinidad y la selectividad de las cavidades generadas en la matriz polimérica. Debido a que la cadena polimérica está altamente entrecruzada, sus grupos funcionales son llevados a una posición fija.

El diseño de experimentos Simplex Centroide permitió optimizar las variables relacionadas con la síntesis del MIP, utilizando como variable de respuesta el porcentaje de retención obtenido mediante electroforesis capilar [10]. El análisis del diseño realizado con el software Minitab® 17 Statistical, arrojó un coeficiente de correlación de 0.9989 lo que indica que el diseño se ajusta a un modelo cuadrático y proporciona la siguiente ec. de superficie de respuesta con la que son representadas las gráficas de superficie y contornos:

$$Y = 5.2 (A) + 77.1 (B) + 87.7 (C) - 151.3 (AB) - 178.3 (AC) - 197.3 (BC) + 407.9 AB^2 + 114.6 AC^2 - 892.3 BC^2$$

En la gráfica de contornos (lado izquierdo de la figura 4) la combinación de las variables está limitada por las zonas de color y la de mayor intensidad representa la combinación que maximiza la retención de plomo, es decir, el color azul intenso.

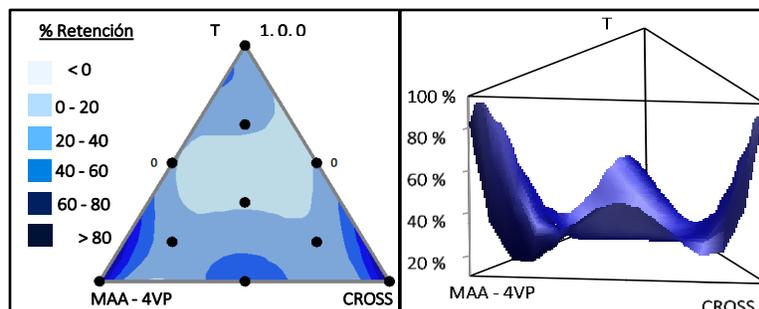


Fig. 4 Gráfica de contorno (izquierda) y de superficie (derecha) de la optimización de la síntesis del MIP

Realizando los cortes correspondientes en la gráfica de superficie de respuesta, se obtienen las representaciones bidimensionales que determinaron la combinación óptima de las variables de síntesis del MIP que maximizan la retención de plomo, estas se muestran en la Fig. 5, y las variables óptimas en la tabla I.

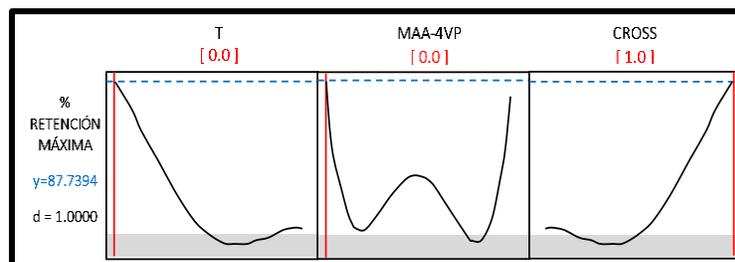


Fig. 5 Representación bidimensional de la combinación óptima de variables de la síntesis de MIP

Tabla I. Porcentajes de retención obtenidos

Polímero	Síntesis realizadas (variables decodificadas)			% retención
	T mmol	Interacción de monómeros (MAA-4VP) mmol	CROSS mmol	
NIP	--	0 - 4	40	21.66
MIP	0.5	0 - 4	40	88
MIP teórico	--	--	--	87.7

Con los resultados de la Tabla I se comprobó que un MIP altamente entrecruzado proporciona gran estabilidad a la matriz polimérica, ya que se obtiene un porcentaje de retención experimental muy cercano al teórico proporcionado

por el diseño de experimentos; también se observa la mayor retención del MIP respecto al NIP (Non Imprinted Polymer, polímero impreso sin adición de la molécula plantilla), puesto que el NIP no es selectivo a plomo.

El MIP y NIP óptimos se incorporaron en una mezcla composite que corresponde a una pasta con polvo de grafito conductor, 15 % del polímero y aceite de parafina como aglutinante. La mezcla es empacada en un tubo de plástico de 5 mm de diámetro. Se realizaron mediciones mediante DPASV usando diferentes electrodos con y sin el procedimiento de la carga de plomo.

El resultado de esta cuantificación se muestra en el voltamperograma del grafico 1, donde se observa un pico de corriente máxima a un potencial alrededor de -0.6 V, que se asocia a la oxidación de Pb^{2+} . Se nota una clara diferencia entre los blancos (que corresponden a la respuesta obtenida sin aplicar el procedimiento de preconcentración), y los sistemas con el metal presente. Posteriormente, se realizaron las optimizaciones univariadas de los factores que afectan la intensidad de la señal de plomo.

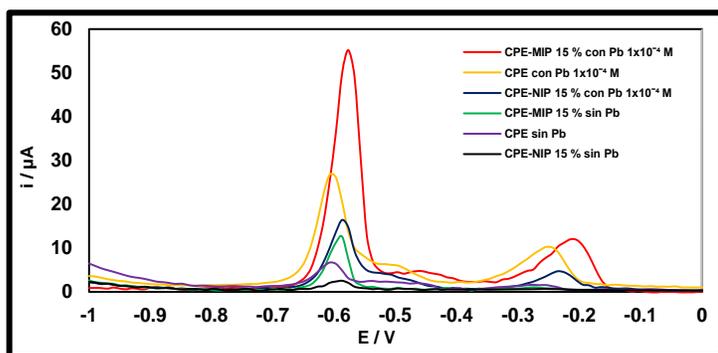


Gráfico 1. DPASV utilizando los electrodos CPE, CPE-MIP y CPE-NIP con $1 \times 10^{-4} M$ de Pb^{2+} en acetatos 0.1 M pH 5; 10 minutos de carga con agitación a 500 r/min. $n=2$, RSD <10 %

Respecto a la proporción de la mezcla composite, se probaron diversos porcentajes de MIP en la mezcla, y se comprobó que se tiene una mayor señal analítica a 20 % de MIP (figura 6a), debido a una mayor cantidad de cavidades proporcionadas por el MIP en la superficie del electrodo aumentando así la capacidad de retener plomo. El pH de trabajo óptimo resultó ser de 5, ya que a pH mayores se presenta la formación de hidroxocomplejos (figura 6b).

En la optimización del tiempo de carga del electrodo en la solución de plomo se probaron desde uno hasta 14 minutos, tal como se indica en la figura 7a), observando que la corriente

aumenta gradualmente hasta llegar a un máximo de corriente a los 10 minutos. A tiempos mayores, aumenta la posibilidad de que el MIP cargado sea desplazado por la convección de la superficie del EPC-MIP.

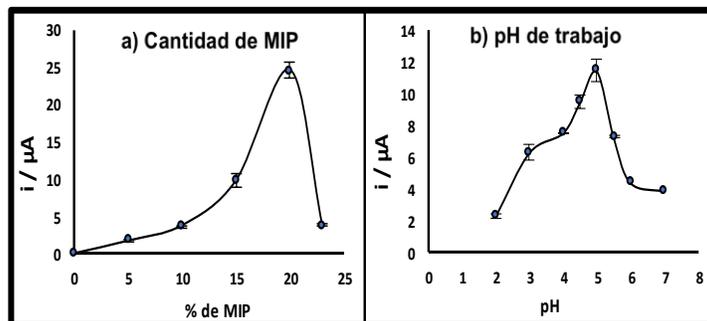


Fig. 6a) optimización de la cantidad de MIP en el CPE, y 6b) optimización del pH de trabajo

En la evaluación de la concentración del electrolito soporte, se probaron concentraciones para el buffer de acetatos desde 0.05 M a 0.25 M, seleccionando como óptima la concentración de 0.1 M, por obtener con ella un pico anódico mejor definido (Figura 7b).

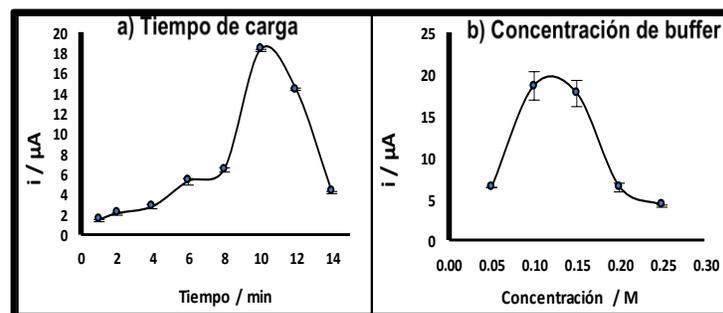
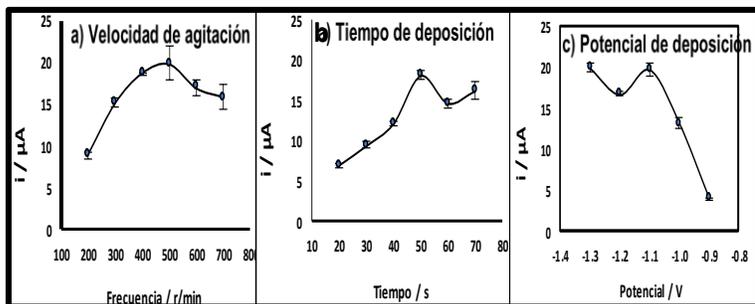


Fig. 7a) optimización del tiempo de carga y 7b) optimización de la concentración de buffer de acetatos

La velocidad de agitación es otro parámetro de gran importancia, ya que de esto depende que el plomo llegue a la superficie del electrodo y sea reconocido por las cavidades de unión en el MIP. En esta prueba se comprobó un aumento gradual de la señal analítica al aumentar velocidad de agitación, pero como se mencionó, al incrementar más la velocidad se provoca la pérdida del MIP en la superficie del electrodo. Por lo tanto, 400 r/min resulta la velocidad de agitación óptima, tal como se indica en la figura 8 a).

Se comprobó que a un tiempo de deposición de 50 s y un potencial impuesto de -1.1 V se maximiza la señal anódica de plomo con picos mejor definidos y sin reducción de hidrógeno sobre la superficie del electrodo (figura 8b y 8c).



Finalmente, se realizó la medición de diferentes estándares de plomo, como se observa en el gráfico 2, para construir una curva de calibración y determinar el intervalo de concentraciones sobre las que el método permite cuantificar de manera confiable el analito, encontrando un límite de detección de 8.8×10^{-6} M, que se encuentra cercano a los límites permisibles reportados en la literatura [1].

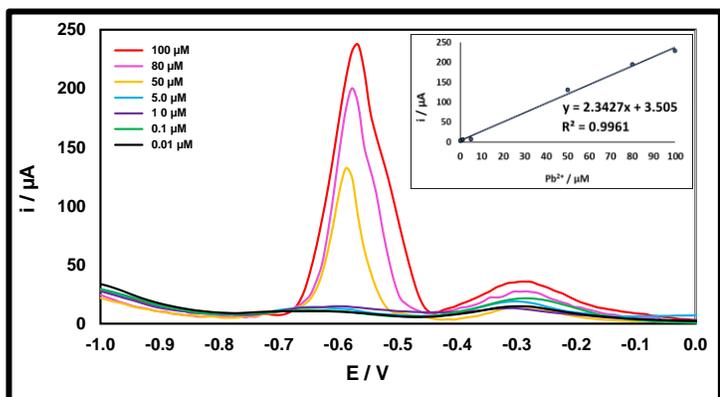


Gráfico 2. DPASV bajo condiciones no optimizadas utilizando un CPE-MIP con 1×10^{-5} M de Pb^{2+} en acetatos 0.1 M pH 5; 10 minutos de carga con agitación a 400 r/min. $n=2$, RSD <10 %

Conclusión

Se comprobó la superior capacidad del polímero MIP para retener al metal, respecto a otros electrodos, debido al alto grado de entrecruzamiento que brinda una alta estabilidad a la matriz polimérica permitiendo la eliminación del plomo, pero que a su vez pueda coordinarse nuevamente con la plantilla en cualquier condición.

Debido al largo tiempo de síntesis, el uso del diseño de experimentos para mezclas, así como el diseño univariable, se pudieron reducir la cantidad de experimentos a realizar hasta encontrar las combinaciones óptimas que maximizaron la respuesta hacia Pb^{2+} mediante la técnica DPASV. Se demostró la capacidad de reconocimiento del MIP hacia la plantilla, sin pérdida del analito retenido en las cavidades de reconocimiento y con la velocidad para que el plomo llegue a la superficie del electrodo y sea preconcentrado por el MIP.

Se propone una metodología novedosa con una alta sensibilidad gracias a las propiedades únicas del MIP y a la técnica electroquímica empleada, en donde se aplican pulsos de potencial que eliminan la indeseable carga capacitiva aumentando la sensibilidad del método.

Esta metodología es una excelente candidata para ser utilizada en diversas matrices complejas y puede competir con las tradicionales metodologías espectrofotométricas usadas para el análisis de metales.

Referencias

- [1] Song, X., Xu, S., Chen, L., Wei, Y., & Xiong, H. (2014). Recent Advances in Molecularly Imprinted Polymers in Food Analysis. *J. Appl. Polym. Sci.* Doi: 10.1002/App.40766.
- [2] Sebastian, M., & Mathew, B. (2018) Ion imprinting approach for the fabrication of an electrochemical sensor and sorbent for lead ions in real samples using modified multiwalled carbón nanotubes. *J Mater Sci.*, 53, 3557-3572.
- [3] Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz M., & González E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación Y Desarrollo*. Vol, 16(2), pp, 66-77.
- [4] Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. Vol, 101., pp. 133-164.
- [5] Reilly, C. (2008). *Metal Contamination of Food: Its Significance for Food Quality and Human Health.* (3ed.). Oxford UK. John Wiley & Sons.
- [6] IUPAC. (1997). McNaught, A. D., & Wilkinson, A. (2006). *Compendium of Chemical Terminology*, 2nd ed. (the "Gold Book"). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- [7] Baby, J., Raj, J. S., Biby, E. T., Sankarganesh, P., Jeevitha, M. V., Ajisha, S. U., & Rajan, S. S. (2010). Toxic effect of heavy metals on aquatic environment. *International Journal of Biological Chemical Sciences*. Vol. 4(4), pp, 939-95.
- [8] Esen, C., Andac, M., Bereli, N., Say, R., Henden, E., & Denizli, A. (2009). Highly selective ion-imprinted particles for solid-phase extraction of Pb²⁺ ions. *Materials Science and Engineering: C*. Vol, 29(8), pp, 2464-2470.
- [9] Salas, G., Restrepo, O., Cockrell, B., Ramírez, J., & Noguez, M. (2012). La química y la ciencia e ingeniería de los materiales. *Dyna*. Vol, 79 (175), pp, 70-96.
- [10] Ali, I., Gupta, V. K., & Aboul-Enein, H. Y. (2005). Metal ion speciation and capillary electrophoresis: Application in the new millennium. *Electrophoresis* 2005, 26, 3988-4002
- [11] EPA. (2009). National Primary Drinking Water regulations. EPA 816-F-09-004.



Apoyo a la docencia

**Carteles
ganadores
del 8°
Simposio
de
estudiantes
asociados
al Instituto
de
Investiga-
ciones en
Materiales**



Estudio de materiales base BiYO_3 para la degradación de oxitetraciclina

Diana Laura Hernández Arellano¹, Juan C. Durán Álvarez², Rodolfo Zanella², Rigoberto López Juárez¹.

¹ Instituto de Investigaciones en materiales Unidad Morelia, UNAM, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia Michoacán, México
² Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, UNAM, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Ciudad de México, México.

Introducción

Los diferentes efluentes de agua están siendo contaminados debido a las actividades humanas. Entre algunos de los principales contaminantes se encuentran los colorantes y antibióticos. Para mitigar la contaminación del agua debido a estos agentes, se propone desarrollar materiales cerámicos semiconductores capaces de utilizar luz visible para este fin. [1]

El objetivo del presente trabajo es estudiar materiales basados en BiYO_3 con adiciones de níquel para la degradación fotocatalítica del antibiótico Oxitetraciclina hidroclicloro. Los polvos cerámicos se sintetizaron mediante el método Pechini, llevando a cabo tratamientos térmicos a diferentes temperaturas. La degradación fotocatalítica se midió en un régimen de tipo Batch. Los resultados obtenidos de la degradación indican que las muestras de BiYO_3 calcinado a 600°C y la muestra Ni-BiYO_3 calcinada a 800°C presentan mejor actividad fotocatalítica. Además de una mineralización de la molécula de oxitetraciclina hidroclicloro, por arriba del 35%.

Método de Síntesis

Se realizó la síntesis de los polvos cerámicos de BiYO_3 y BiYO_3 dopado con Ni, Mediante el método Pechini. Se utilizaron los siguientes reactivos $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ de Sigma Aldrich. Ácido cítrico y etilenglicol de Springer. Siguiendo el siguiente diagrama (Figura 1).

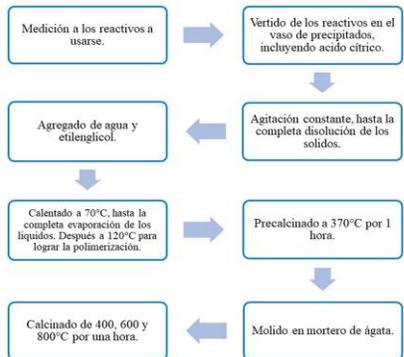


Figura 1. Diagrama del método de síntesis.

Caracterización

Resultados de Difracción de Rayos X

En la figura 2 están graficados los resultados para las muestras de BiYO_3 y $\text{BiYO}_3\text{-Ni}$ a diferentes temperaturas de calcinación. Las muestras calcinadas a 400°C tienen una mezcla de fases tetragonal y cúbica que corresponden a los grupos espaciales $P4_2C$ y $Fm\bar{3}m$, respectivamente.[2] Se puede observar que las muestras calcinadas a 600°C y 800°C únicamente contienen a la fase cúbica. Además, se observa que a medida que la temperatura aumenta los picos se ensanchan esto se debe al crecimiento de grano. Se observa que existe un desplazamiento de los picos a medida que la temperatura aumenta.

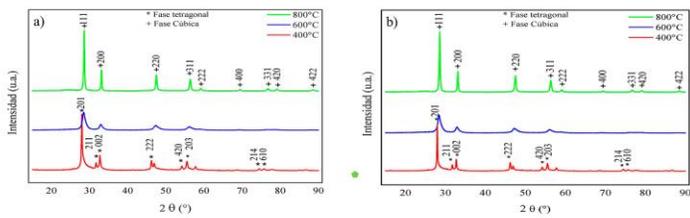


Figura 2. Resultados de Difracción de Rayos X, a) Muestras de BiYO_3 , b) Muestras de BiYO_3 dopadas con Ni.

Resultados de Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier

En la figura 3 se observan los resultados obtenidos de la Espectroscopia Infrarroja con transformada de Fourier, de la cual podemos observar lo siguiente, la banda en 1514 cm^{-1} es atribuida a la vibración del estiramiento de Y-O mientras que cerca de 511 cm^{-1} está asignada a la vibración de Bi-O en BiYO_3 . Adicionalmente los picos en 1387 y 849 cm^{-1} corresponden a NO_2^- del subnitrito de bismuto y el pico en 1058 cm^{-1} es causado por la interacción entre los enlaces Bi-O y sus alrededores. Se observa además que la banda ubicada a 1387 cm^{-1} se reduce dramáticamente cuando la fase tetragonal desaparece tanto para las muestras con BiYO_3 como las muestras dopadas con Ni.[3] Estos resultados son consistentes con los resultados obtenidos de XRD.

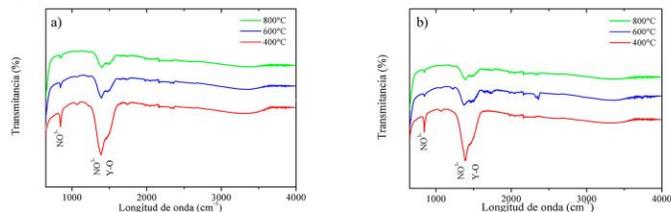


Figura 3. Resultados de FTIR, a) Muestras de BiYO_3 , b) Muestras de BiYO_3 dopadas con Ni.

Referencias

[1] Zhang, J., Tian, B., Wang, L., Xing, M., & Lei, J. (2018). Photocatalysis: Fundamentals, Materials and Applications. (Vol. 100). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2113-9>
[2] Blosser, S. K., & Grayson, C. (1988). The structure of $\beta\text{-Bi}_2\text{O}_3$ from powder neutron diffraction data. *Acta Crystallographica Section C: Crystal Structure Communications*, 44(4), 587-589. <https://doi.org/10.1107/01082701880101661>
[3] M. Wu, D. Xia, B. Luo, H. Shen, C. Wang, and W. Shi, "Synthesis of BiYO_3 nanorods with visible-light photocatalytic activity for the degradation of tetracycline," *Mater. Lett.*, vol. 161, pp. 45-48, 2015. doi: 10.1016/j.matlet.2015.06.091.

Resultados de Microscopia electrónica de transmisión

Las imágenes obtenidas de microscopia electrónica de transmisión muestran que los polvos están formados por aglomeraciones de los cristales. Esto es un resultado normal debido al método de síntesis, debido a la formación de una resina sólida y el tratamiento térmico subsiguiente. Las imágenes fueron tomadas a 150000 - 350000x para observar los nanocristales. Se observa además un incremento en el tamaño de cristal en las muestras calcinadas a mayor temperatura.

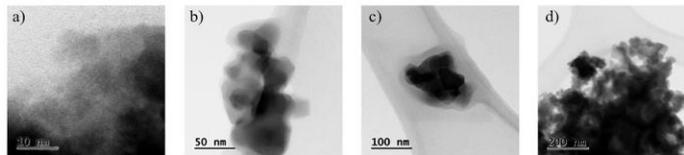


Figura 4. Resultados de TEM. (a,b) BiYO_3 , (c,d) $\text{BiYO}_3\text{-Ni}$, cada uno calcinado a 400 y 800°C por 1 hora.

Resultados de la medición Uv-Vis

En la Figura 5 se observan los resultados obtenidos de la medición de Uv-Vis, los cuales nos indican un decremento en el valor de la banda prohibida (2.36 eV), [3] Lo que se asocia con dos fenómenos a) la desaparición de la fase tetragonal cuando la temperatura de calcinación incrementa y b) el crecimiento de los cristales a mayores temperaturas de calcinación.

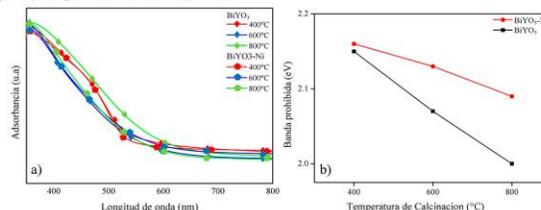


Figura 5. a) Resultados de Uv-Vis b) Resultados para el cálculo de la banda Prohibida.

Resultados de la medición del área superficial y tamaño de poro

En la figura 6 se observan los resultados de la medición de Área Superficial. La muestra de BiYO_3 calcinada a 600°C presenta una de las mayores áreas superficiales lo cual es consistente con el tamaño de cristal de la muestra. Así mismo las muestras que fueron calcinadas a 800°C presentan la menor área superficial de todas las muestras, lo cual es debido a la sinterización parcial de los cristales a esta temperatura.

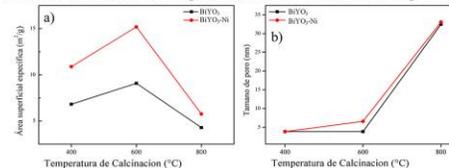


Figura 6. a) Área superficial b) Tamaño de poro.

Resultados de la actividad fotocatalítica

Se realizaron las pruebas de la actividad fotocatalítica en un régimen tipo batch, para la degradación del antibiótico oxitetraciclina hidroclicloro. Los resultados se muestran en la figura 7. La muestra de BiYO_3 calcinada a 600°C , presenta una degradación del 58%, esto es consistente con la desaparición de la fase tetragonal, el área superficial de esta muestra y su bajo eV de la banda prohibida. La muestra de BiYO_3 presenta una degradación del 81%, por lo cual su actividad fotocatalítica no fue afectada a pesar del área superficial menor.[4]

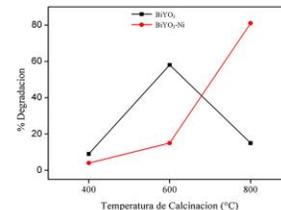


Figura 7. Resultados de la actividad fotocatalítica.

Conclusiones

La síntesis de BiYO_3 es posible mediante el método de Pechini y bajas temperaturas de calcinación. El área superficial decreció con el aumento de la temperatura de calcinación. La muestra de BiYO_3 con Ni calcinada a 800°C mostró la mejor actividad fotocatalítica. En base a estos resultados los materiales BiYO_3 son materiales prometedores para la degradación de oxitetraciclina en el agua común.

Agradecimientos

Rigoberto López Juárez agradece a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA-UNAM) por el financiamiento bajo el proyecto PAPIIT-IN101518. Diana L. Hernández Arellano agradece a CONACYT por la beca de posgrado otorgada, número CVU. 1004835 Los Autores agradecen a Neftalí Razo -Pérez (ENES-Morelia) por la asistencia técnica.

[4] Hernández-Amilano, D. L., Durán-Álvarez, J. C., Zanella, R., & López-Juárez, R. (2020). Effect of heat treatment on the structure and photocatalytic properties of BiYO_3 and $\text{BiYO}_3\text{-Ni}$ ceramic powders. *Ceramics International*, 46(12), 20291-20298. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.05.115>

Synthesis and Characterization of Porphyrin Hydrogels Prepared by Frontal Polymerization

Fabián Cuétara-Guadarrama, Ricardo Martínez Serrano and Ernesto Rivera

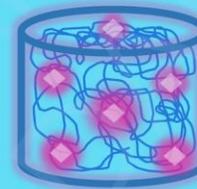


Instituto de Investigaciones en Materiales - UNAM

1. Background

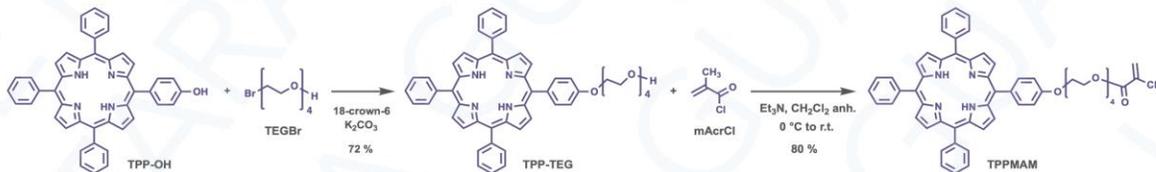
Hydrogels are biocompatible polymeric materials used for different biomedical applications. In this work we engineer hydrogel's swelling capability and biocompatibility to obtain a biocompatible polymer for theranostic applications. Frontal polymerization is used as a green and efficient methodology for hydrogel production.

Covalently attached tetraphenylporphyrin to hydrogel acrylate main chain will ensure theranostic capabilities. On one hand fluorescence emission from porphyrin group will serve as a diagnostic tool and on the other hand, therapeutic effect will be attained with photodynamic therapy.



Acrylate hydrogel containing covalently attached tetraphenylporphyrin

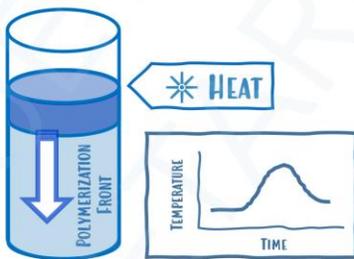
2. Tetraphenylporphyrin Methacrylate Monomer Synthesis (TPPMAM)



Tetraphenylporphyrin tetra(ethylene glycol) methacrylate monomer obtained with good yields

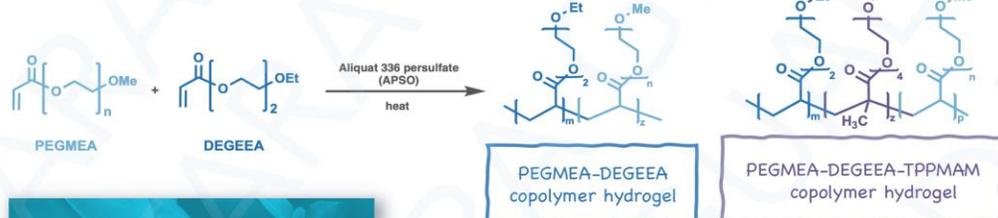


3. Frontal Polymerization (FP)

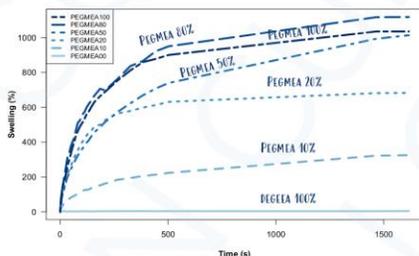


A self-sustained radical reaction that produces rapid and exothermic polymerization. Some of the advantages of frontal polymerization are: short reaction times, low-energy consumption and no solvent needed.

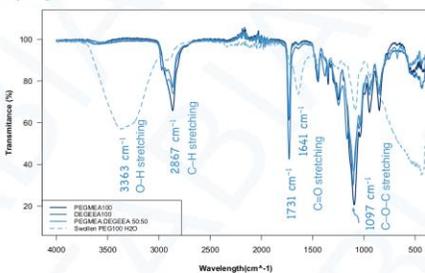
4. Hydrogel Synthesis by Frontal Polymerization



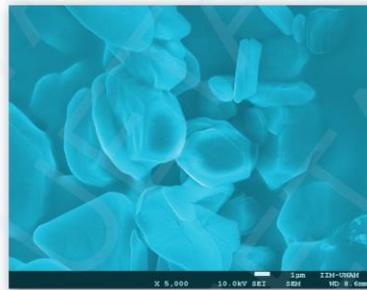
5. Swelling



Swelling profile of PEGMEA-DEGEEA hydrogels in deionized H₂O at room temperature. Good swelling performance was attained with high PEGMEA ratios, while no swelling was observed for DEGEEA polymer hydrogel.

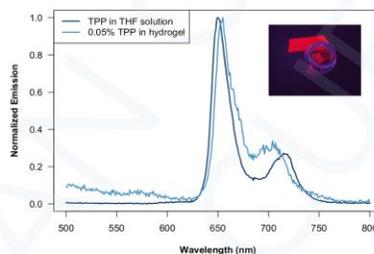


FT-IR spectra of dried and swollen PEGMEA and DEGEEA hydrogels. Intense signals are observed for carbonyl and ether stretching. In swollen PEGMEA an intense O-H stretching band appears due to high amount of water present in the hydrogel.

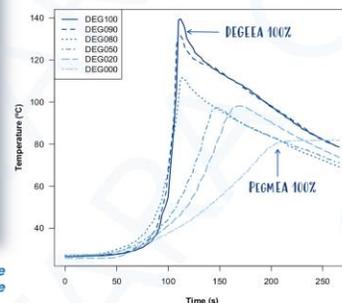


SEM image of PEGMEA 100% hydrogel. Cavities on the surface were observed; an important structural feature for water absorption.

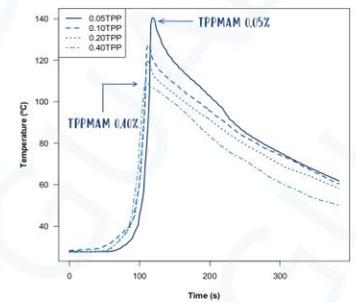
6. Fluorescence emission



Tetraphenylporphyrin emission is observed in the solid state in PEGMEA-DEGEEA 90:10 TPPMAM 0.05% hydrogel as compared with emission spectra of TPPOH in THF.



FP of PEGMEA-DEGEEA copolymer hydrogel. Front temperature and velocity diminished as the ratio of DEGEEA decreased



FP of PEGMEA-DEGEEA 10:90 hydrogel with different TPPMAM ratios. Front temperature decreased as the ratio of TPPMAM increased. Velocity remained unchanged.

7. Conclusions

PEGMEA and DEGEEA hydrogels containing covalently attached TPPMAM were produced by FP. Front velocity and temperature were affected by hydrogel composition. Good swelling capabilities were observed for the hydrogels with higher PEGMEA ratio in their composition. SEM images revealed cavities on the surface, which permits water absorption. FP is a green, convenient and fast method for hydrogel synthesis. Following steps will be to perform additional analysis such as thermic and rheologic analysis. Our hydrogels will be evaluated as promising photodynamic therapy and drug delivery candidates.

8. References

- Hydrogels**
 a) M. Zhang et al. *J. Mater. Chem. B* 2016, 4, 7506.
 b) B. Khurana et al. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2019, 18, 2613.
Porphyrins
 a) H. Huang et al. *Front. Physics* 2015, 3:23.
 b) L. Feng et al. *Coll. and Inter. Sci. Comm.* 2018, 23, 29.
Frontal Polymerization
 a) J. Masera et al. *J. Polym. Sci. A: Polym. Chem.* 2000, 38, 3984
 b) J. Illescas et al. *J. Polym. Sci. A: Polym. Chem.* 2015, 53, 2890.

9. Acknowledgements

CONACyT Mexico-Quebec scholarship Dr. Ernesto Rivera and Dr. Mireille Vonlanthen Technical staff of IIM-UNAM



Propiedades electrónicas y magnéticas del carburo de Plomo (PbC) en bulto

Héctor Muñoz^{1*}, Eliel Carvajal¹, Raúl Escamilla², Martín Romero³.

¹ Instituto Politécnico Nacional, ESIME-Culhuacán, Av. Santa Ana 1000, 04430, Ciudad de México, México.

² Instituto de Materiales, Circuito Exterior S/N Circuito de la Investigación Científica, C.U., 04510 Ciudad de México, CDMX.

³ Facultad de Ciencias, Av. Universidad 3000, Circuito Exterior s/n, 04510, Ciudad Universitaria, CDMX, México.

* hector.munoz.gin.2018@gmail.com



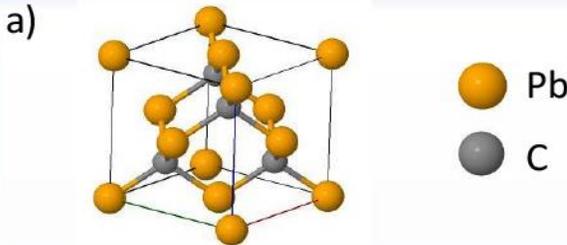
Resumen

Este estudio se enfoca en describir las propiedades electrónicas y magnéticas del carburo de plomo (PbC) por primeros principios, tomando en cuenta las aproximaciones GGA y LDA. Los resultados nos indican que la configuración no magnética (NM) es más estable y con mayor energía de cohesión que las configuraciones ferromagnéticas (FE) y anti ferromagnéticas (AF). El parámetro de red calculado con la aproximación LDA y la configuración F es similar al reportado teóricamente. Con respecto a la estructura de bandas, las configuraciones NM y AF describen al PbC con un comportamiento de conductor que está de acuerdo con lo descrito por Wang y Ye [1]. Las propiedades electrónicas observadas nos dan un indicio de que este compuesto se puede emplear como un material que pueda almacenar energía, por lo que el estudio de estructuras derivadas de este compuesto será benéfico para ampliar el conocimiento de este compuesto poco estudiado..

Introducción

J. F. Durand [2] reportó en 1923 la preparación de PbC₂ derivado de calcio en una solución acuosa de acetato de plomo; sin embargo, estos estudios no se reprodujeron nuevamente. Mas tarde, J. C. Masson y P. Cadiot [2] en 1965 encontraron compuestos derivados del acetileno de plomo que contenían al C y al Pb pero no se pudo extraer el PbC. No fue hasta el año 2002 que Wang y Ye [1] describieron propiedades electrónicas de este compuesto mediante estudios a primeros principios.

Modelado



b)

$$E_C = \frac{nE_{iso} - E_{bulto}}{n}$$

c)

$$\delta G = E_C - n\mu_{Pb} - n\mu_C$$

Fig. 1 a) La estructura cristalina es tipo diamante en grupo espacial F43m (216).
b) Energía de cohesión, donde E_{iso} es la energía de los elementos químicos aislados, E_{bulto} es la energía total en bulto del sistema y n es el número de átomos por celda unitaria. c) Energía de formación de gibs, donde E_c es la energía de cohesión del sistema, μ_{Pb} y μ_C son los potenciales químicos y n el número de átomos.

Esquema de cálculo

Se modeló el PbC en bulto con las aproximaciones GGA-PBE y LDA-CA ocupando una malla de puntos k de 5x5x5 y una energía de corte de 280 Ry mediante el método computacional SIESTA usando la Teoría de los Funcionales de la Densidad (DFT).

Datos relevantes

	Comportamiento magnético	α (Å)	BE (E _g)	Tipo	QV e	μ (μB)
GGA-PBE	NM	4.246	0	-	4.321	-
	FE	4.253	1.19	Directa	4.331	2
	AF	4.253	0	-	4.367	0
LDA-CA	NM	4.254	0	-	4.296	-
	FE	4.261	0.606	Indirecta	4.305	2
	AF	4.255	0	-	4.305	2
Exp.	-	-	-	-	-	-
[1]	PW-PP	5.139	0	-	-	-

Comparación de los resultados obtenidos con previos resultados teóricos, donde α es el parámetro de red, E_g es el valor de brecha de energía en eV, QV es el análisis poblacional de carga con Veronoi y μ es el momento magnético.

Referencias

[1] Wang, S. Q., & Ye, H. Q. Plane-wave pseudopotential study on mechanical and electronic properties for IV and III-V crystalline phases with zinc-blende structure. Physical Review B, 2002. 66:p. 235111.
[2] Emeléus, H. J., & Sharpe, A. G. Advances in inorganic chemistry and radiochemistry. Academic Press, 1967. p. 213.

Resultados

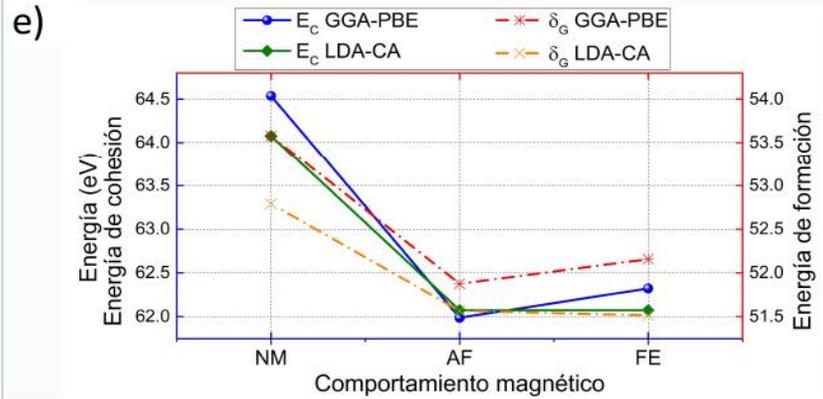
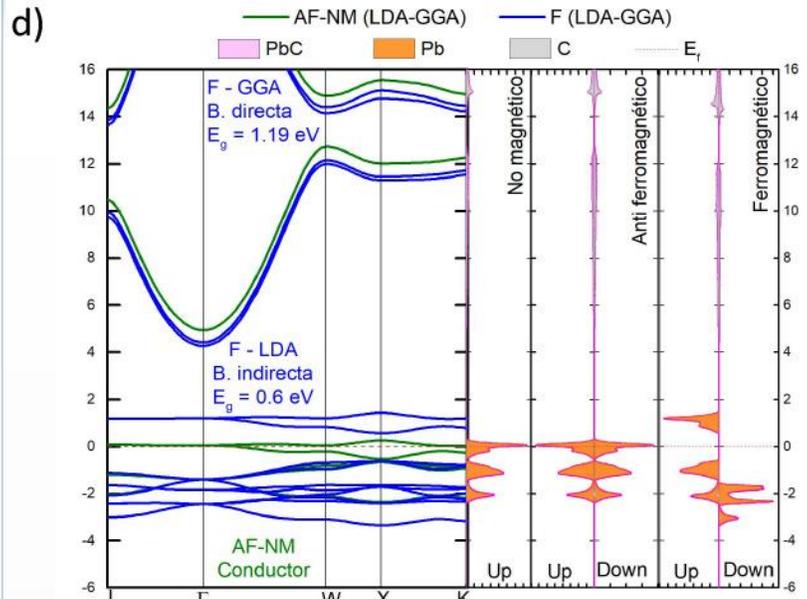


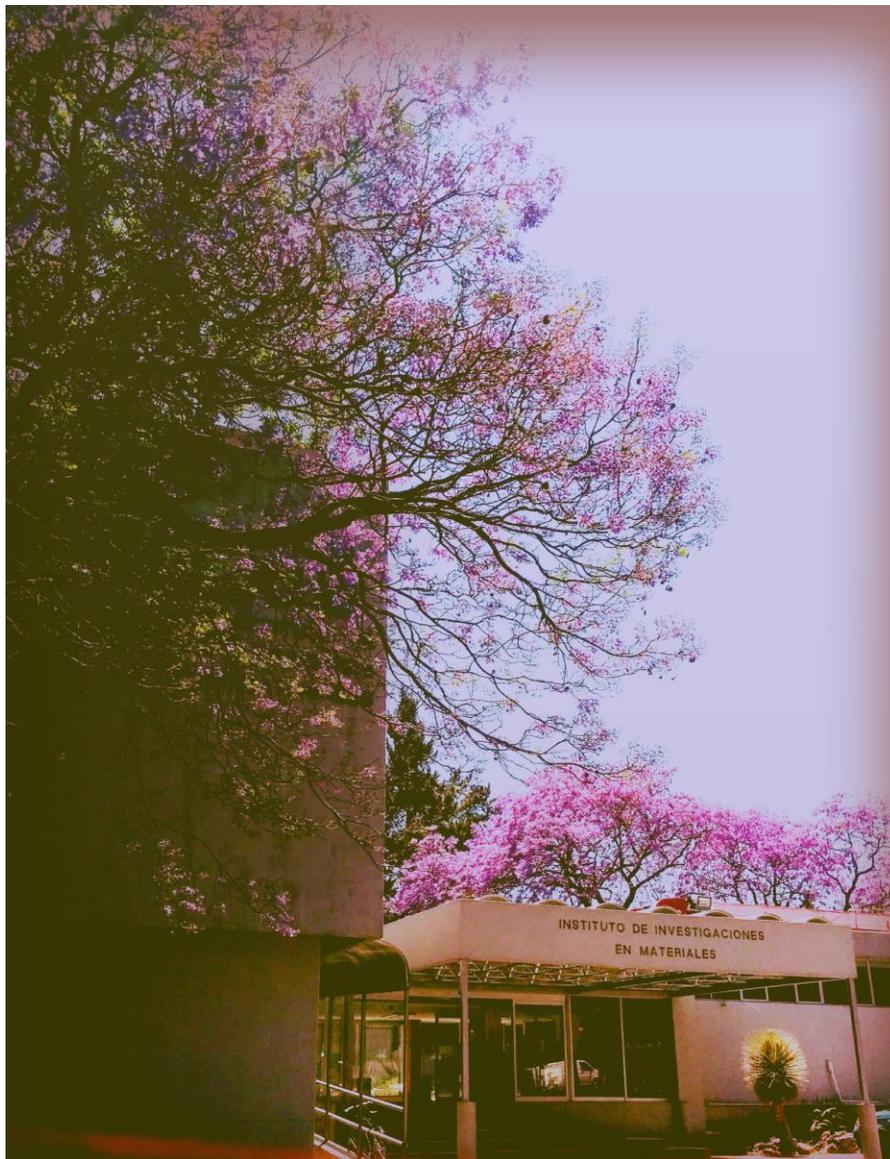
Fig.2 d) Estructura de bandas, densidad de estados parcial y total de los comportamientos NM, AF y FE.
e) Energías de cohesión (E_c) y formación (δ_c) calculadas con los tres tipos de comportamientos donde entre más positivo sea el valor, las fuerzas entre átomos es mayor (cohesión) y es más estable (formación).

Conclusiones

- 1.- El PbC tiene comportamiento metálico ya que no presenta brecha energética en los sistemas más estables.
- 2.- El Pb aporta más estados en la banda de valencia mientras que el C lo hace en la banda de conducción con excepción de FE en el spin Up que es el Pb ya que el Pb es el que más estados aporta.
- 3.- Las energías entre átomos son mayores con NM que con FE y AF, de manera similar, NM es más estable.
- 4.- El momento magnético en FE y AF es igual a 2 con excepción de AF con GGA. la diferencia de densidad de cargas es muy similar para todos los casos.

Agradecimientos

Los cálculos se realizaron en la supercomputadora Miztli de DGTIC UNAM. Se agradece la participación del Instituto de Materiales de la UNAM y la Facultad de Ciencias de la UNAM



Fotografías

**Karen
Orletth
Roldan
Sampayo**

Karen Orletth Roldan Sampayo (24 años) nació el 15 de febrero de 1996 en Carbonero Jacales, Veracruz. Pueblo boscoso, lleno de cálida gente, donde vivió su infancia de forma libre y rodeada de naturaleza. A los 15 años se mudó a la ciudad con la mira en cumplir su sueño de cursar una carrera universitaria. Estudió la carrera de Ingeniería en Nanotecnología en Tulancingo, Hidalgo, en la Universidad Tecnológica. Durante su carrera tuvo la oportunidad de participar en diversos veranos de investigación y hacer dos estancias en la Universidad Autónoma de México (UNAM). La primera en el Instituto de Física y la segunda en el Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM), en el departamento de Polímeros con la Dra. Yareli Rojas Aguirre.

Con ella desarrolló su proyecto de tesis y se tituló de Ingeniera en Nanotecnología. La experiencia que tuvo en el IIM fue gratificante en todos los sentidos, no solo fue enriquecedora académicamente, sino que aprendió a desarrollar aún más sus habilidades sociales y artísticas, como la fotografía, que siempre ha sido uno de sus pasatiempos favoritos*. Así fue como se tomaron fotografías en el Jardín Botánico de la UNAM y en el IIM, durante la temporada de jacarandas. Actualmente Karen Orletth se dedica a negocios personales y se prepara para comenzar un posgrado en el área de Ciencias de los Materiales el próximo año. *Las fotografías fueron tomadas con una cámara análoga Canon AE-1, utilizando rollo fotográfico, en marzo de 2019. orletth.rolدان@gmail.com Instagram: orl_hosenu



