

# Trazando caminos hacia un progreso sustentable



**Materiales  
Avanzados**

N° 2 • Año 2  
Enero - junio 2023



Instituto de  
Investigaciones  
en Materiales

# Universidad Nacional Autónoma de México

## **Rector**

Enrique Graue Wiechers

## **Secretario General**

Leonardo Lomelí Vanegas

## **Coordinador de la Investigación Científica**

William Lee Alardín

# Instituto de Investigaciones en Materiales

## **Director**

José Israel Betancourt Reyes

## **Secretario Académico**

Jaime Enrique Lima Muñoz

## **Editora responsable**

Rocío Guadalupe de la Torre Sánchez

## **Coordinador editorial y de divulgación**

Astron Rigel Martínez Rosas

## **Comité editorial:**

Armando Reyes Montero

Chumin Wang Chen

Elí Sánchez González

Heriberto Pfeiffer Perea

Joaquín de la Torre Medina

Maricela Zapata Arroyo

Michel Rivero Corona

## **Producción:**

### **Editorial IIM**

Editor científico: Rocío Guadalupe de la Torre Sánchez

Comunicación Pública de la Ciencia: Julieta Reyes Arango

Editor digital: Omar Alejandro Pompa García

Diseño editorial: Celic Martínez Cañedo



Instituto de  
Investigaciones  
en Materiales

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.

**CDMX, 15 de febrero del 2023**

## Presentación

Lo que inició como una lista de buenos deseos para ser cumplidos en el nuevo milenio, hace 23 años, se ha convertido en una poderosa herramienta para la ONU y para garantizar nuestra permanencia en el planeta. Con vías al 2030, los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS 2030) forman parte de las políticas públicas de todas las naciones, dictan los financiamientos y subsidios estatales y privados, y en gran medida, guían el desarrollo científico y tecnológico actual.

Nuestro Instituto no puede (y no debe) quedarse atrás. Brillantes prototipos, patentes, investigación científica y proyectos multidisciplinarios concebidos durante décadas dentro del IIM lo demuestran. Los artículos que en este número presentamos sirven de andamiaje teórico para entender el ánimo de los ODS 2030, su alcance y cómo integrarlos a las líneas de investigación, proyectos y experimentos que ya estamos haciendo en nuestros laboratorios. Agradecemos su preferencia y les invitamos a seguirnos en las plataformas digitales del Secretaría de Vinculación.

## Editorial

MATERIALES AVANZADOS, Año 2, No. 2, enero-junio 2023, es una publicación semestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Col. Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, a través del Instituto de Investigaciones en Materiales, Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, México. Tel. (55)56224500 y (55)56224581, <https://revista.iim.unam.mx/>, [revista@materiales.unam.mx](mailto:revista@materiales.unam.mx). Editora responsable: Dra. Rocío Guadalupe de la Torre Sánchez, [vinculacion@materiales.unam.mx](mailto:vinculacion@materiales.unam.mx). Reserva de Derechos al uso Exclusivo No. 04 - 2014 -062610312300 - 203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: *en trámite*. Responsable de la última actualización de este número, Dra. Rocío Guadalupe de la Torre Sánchez, Secretaría de Vinculación del Instituto de Investigaciones en Materiales, Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, Alc. Coyoacán, C.P.04510, Ciudad de México fecha de la última modificación, 1 de enero de 2023. El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista de los árbitros, del Editor o de la UNAM. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

Rocío Guadalupe de la Torre  
Editora responsable

# Índice

- 7** Los plaguicidas del futuro  
*Arturo Verduzco Ramírez*
- 10** ¿Le temes al Temephos?  
*Astron Martínez*
- 11** Educación STEM: ¿moda o necesidad?  
*Aketzalli González Santiago*
- 16** Nanoestructuras magnéticas para la remoción de contaminantes en agua  
*Raquel Murillo Ortíz, Enrique Díaz Barriga Castro, Raquel Mendoza Reséndez, Carlos Luna Criado*
- 26** Reseña de la película La última hora (The 11th Hour)  
*Rodrigo Castillo Romero*
- 30** Materiales sostenibles: ¿Cómo incorporarlos a la Agenda 2030?  
*Ximena Monserrat Castro Razo, Alexa López López*
- 35** La UNAM y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)  
*María Elena Trujillo Ortega, Julieta Ojeda Gómez*

- 41** Entrevista a Isve Guerrero Velázquez  
*Rocío Guadalupe de la Torre*
- 46** Jugo de nube. De las nubes a tu botella  
*Mireya Imaz, Araceli Nava y Ariadna Arellano*
- 50** Manufactura de dispositivos de cerámica avanzada  
*Karla Karina Gómez Lizárraga, María Cristina Piña Barba*
- 56** Dispositivos de almacenamiento y generación de energía eléctrica basados en materiales cerámicos avanzados  
*Emilio Pradal Velázquez, Armando Reyes Montero*
- 63** La ciudad universitaria y sus paradigmas  
*Dolores Martínez Orralde*
- 67** La Agenda 2030: menos de una década para el 2030 El papel de la Universidades  
*Verónica E. Solares-Rojas*
- 71** Material de apoyo a la docencia: ¡Derrames petroleros! Con-Acciones STEAM  
*Rocío de la Torre*



# Artículos



# Los plaguicidas del futuro

Arturo Verduzco Ramírez

Química con Cheems @quimica\_con\_cheems  
[q.arturo.verduzco@gmail.com](mailto:q.arturo.verduzco@gmail.com)

Conforme aumenta la población mundial (que recientemente en 2022 alcanzó la cifra de 8 000 000 000 personas) aumenta también la necesidad de abastecer de comida al mundo. Los productos agrícolas nos proveen de alimentos que son indispensables dentro de la cadena alimenticia, sin embargo, al ser también la base alimenticia de una gran cantidad de organismos, existe mucha competencia con aquellos seres vivos que consideramos como plagas. Insectos, ácaros, hongos, malezas y nemátodos varios son capaces de contaminar nuestros cultivos y disminuir su rendimiento, es por este motivo que es importante tener un control de las plagas y una de las estrategias para hacerlo es mediante el uso de plaguicidas.

En 1990, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA, también conocida como FAO) definió a los plaguicidas (también conocidos como pesticidas) como “Cualquier sustancia destinada a impedir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o piensos, o que pueda administrarse”<sup>1a, 1b</sup>. Los plaguici-

das tienen diferentes funciones, accionando también en diferentes etapas de desarrollo de las plagas. Por ejemplo, un ácaro atraviesa las fases de huevo, larva, larva-pupa y adulto (imagen 1).<sup>2</sup>



Imagen 1. Etapas de vida de los ácaros<sup>2</sup>

Diferentes plaguicidas interfieren en diferentes estados de madurez del ácaro y no puede utilizarse únicamente uno para el control absoluto de esta plaga. En un cultivo habitual suelen colocarse diferentes plaguicidas para lograr un control efectivo, y esto da como resultado una gran cantidad de residuos contaminantes.

También se sabe que existen desafortunados plaguicidas que no solo controlan a las plagas deseadas, sino que también dañan a polinizadores clave (como las abejas) además de tener un impacto considerable en el ecosistema y en la salud humana, ya sea únicamente por contacto o por consumo<sup>3,4</sup>. Esta problemática ambiental ha motivado la realización de foros internacionales de discusión, como el de Rotterdam. Con base en este convenio se ha intensificado la in-

vestigación en torno a la sustitución de los plaguicidas considerados como peligrosos para la salud humana y al medio ambiente.

*En 2004 entró en vigor el Convenio de Rotterdam, que tiene por objetivo promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las partes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños<sup>5</sup>.*



Imagen 3. Capsicum annum

### ¿Existen sustitutos a los plaguicidas sintéticos?

Las plantas han desarrollado compuestos que no son esenciales para ellas, pero que les confieren la capacidad de adaptarse mejor al ambiente en el que se desarrollan sirviendo como control de plagas, a estos compuestos se les conoce como “metabolitos secundarios”<sup>6</sup>. Por ejemplo, se ha observado que los extractos de las familias Annonaceae, Solanaceae y Meliaceae poseen propiedades insecticidas además de repeler a diversos insectos<sup>7</sup>. Otro ejemplo de cultivos cuyos extractos tienen actividad biológica contra insectos es el género Capsicum (como los pimientos, chiles y jalapeños). Estas especies sintetizan compuestos como la capsaicina y la hidrocapsaicina, siendo estos los responsables de la actividad insecticida. También se ha estudiado su capacidad para repeler insectos<sup>8</sup>. Actualmente, dentro del mercado mexicano, se comercializan 8 plaguicidas formulados a base de extracto de chile que funcionan tanto como insecticidas generales como acaricidas<sup>9</sup>.

Los extractos de ajo (*Allium sativum*) también presentan actividad biológica contra diferentes tipos de plagas, y es que desde la antigüedad se ha utilizado a este cultivo para la elaboración de alimentos y con fines medicinales. Actualmente, se han estudiado diferentes extractos de ajo con propiedades bactericidas e insecticidas<sup>10</sup>. En México ya existen 20 plaguicidas formulados a base de extracto de ajo<sup>9</sup>.

Más allá de los insecticidas, otras sustancias químicas provenientes de productos naturales, como el ácido pelargónico presente en el aceite esencial de los genarios<sup>11</sup>, tienen propiedades herbicidas (control de malezas) y productos con este ingrediente activo se comercializan ya en Europa<sup>12</sup>.

Respecto a los fungicidas (plaguicidas que se avocan al control de plagas del reino fungi), un ejemplo clásico es el extracto de *Swinoglea glutinosa* (también conocido como limón swinglea), mismo que actualmente ya se comercializa en México<sup>13, 9</sup>.

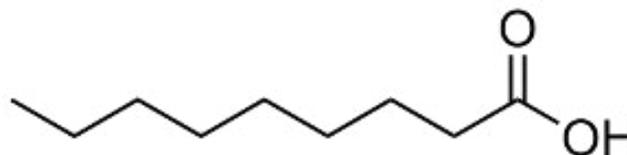


Imagen 4. Estructura química del ácido pelargónico (abajo), genario (arriba)

Este tipo de productos tienen un mucho menor impacto al medio ambiente y al parecer no tienen efectos indeseables sobre los insectos polinizadores que ayudan a la floración y reproducción de varios cultivos<sup>14</sup>, haciéndolos buenos candidatos para sustituir a los plaguicidas sintéticos.



Imagen 5.  
Swinglea glutinosa

## De camino a los Objetivos del Desarrollo Sostenible para el 2030 propuesto por la ONU

Uno de los objetivos del desarrollo sostenible para el 2030 es disminuir los desechos de los productos químicos, reduciendo de esta manera los efectos adversos a la salud humana y el medio ambiente<sup>15</sup>. Esto implica la sustitución de los plaguicidas sintéticos por plaguicidas de origen vegetal, también conocidos como botánicos. De esta manera se espera reducir los residuos de plaguicidas, algunos de los cuales pueden llegar a afectar gravemente el suelo, sistemas acuíferos, así como insectos polinizadores.

La investigación básica en torno a nuevos plaguicidas de origen vegetal puede ayudar a que los productores de alimentos en pequeña escala (como lo son los agricultores familiares, pastores y pueblos indígenas) tengan una mayor accesibilidad a los plaguicidas botánicos, aumentando de esta manera su productividad. Mientras que poco a poco se va disminuyendo el uso de plaguicidas sintéticos, los plaguicidas de origen vegetal serán cada vez más parte de nuestro presente, ayudando a asegurar un futuro más verde para nuestro planeta.

## Referencias:

- 1a <https://www.fao.org/3/w1604s/w1604s04.htm#:~:text=El%20art%C3%ADculo%20%20del,o%20de%20los%20animales%2C%20las>
- 1b <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/glossary/es/#:~:text=Un%20%22plaguicida%22%20es%20cualquier%20sustancia,piensos%2C%20o%20que%20pueda%20administrarse>
- 2 <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/acaro-del-vaneo-del-arroz>
- 3 <https://www.pbs.org/newshour/science/neonicotinoid-pesticides-slowly-killing-bees>
- 4 <https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/El-impacto-de-los-plaguicidas-en-el-sector-apicola/34>
- 5 Convenio de Rotterdam. Para la Aplicación del Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Revisado en 2013.
- 6 <https://agroproductores.com/metabolismo-secundario/>
- 7 T. Jeremy, "Prospects of antifeedant approach to pest control. A critical review." *Journal of Chemical Ecology*, 16, 3151- 3166, 1990
- 8 L. E. Castillo-Sánchez, J. J. Jiménez Osornio, M. A. Delgado-Herrera, "Actividad Biológica in vitro del Extracto de Capsicum chinese Jacq Contra Bemisia tabaci Genn." *Chapingo Serie Horticultura*, 18(3), 345-356, 2012
- 9 <http://siipris03.cofepriis.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>
- 10 K.G. Juárez-Segovia, E.J. Díaz-García, M.D. Méndez-López, M.S. Pina-Canseco, A.D. Pérez-Santiago, M.A. Sánchez-Medina, "EFECTO DE EXTRACTOS CRUDOS DE AJO (Allium sativum) SOBRE EL DESARROLLO in vitro DE Aspergillus parasiticus Y Aspergillus niger." *Polibotánica*, 47, 99-111, 2019
- 11 I. Travlos, E. Rapti, I. Gazoulis, P. Kanatas, A. Tataridas, K. Kakabouki, P. Papastylianou, "The Herbicidal Potential of Different Pelargonic Acid Products and Essential Oils against Several Important Weed Species." *Agronomy*, 10, 1687-1699, 2020.
- 12 European Food Safety Authority (EFSA), Peer review of the Pesticide Risk Assessment of the Active Substance Pelargonic Acid (Nonanoic Acid), *EFSA Journal*, 19(8), 6813-6840, 2021
- 13 A. I. Gil, A. Celis, J.C. Cuevas, "Efecto inhibitorio de extractos de Swinglea glutinosa (Blanco) Merr. y Lantana cámara L. en preemergencia y poseemergencia." *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(2), 223-234, 2010
- 14 E. Pérez-López, "Plaguicidas Botánicos: Una Alternativa a Tener en Cuenta.", *Fitosanidad* 16(1), 51-59, 2012
- 15 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

# ¿Le temes al Temefos?



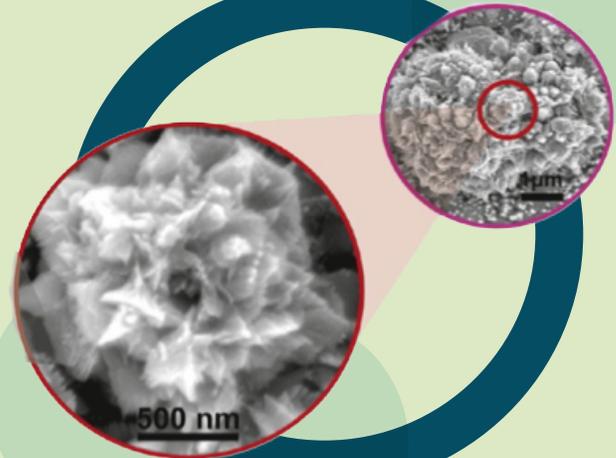
Por: Astron Martínez  
Divulgador científico

## ¿Reconoce aquellos paquetitos llenos de piedritas embolsadas que se sumergen en tinacos, tanques y demás depósitos de agua?

Es cierto que es poco común verlos en las grandes ciudades, pero sí puede encontrarlos en la periferia y en varios estados de la república (particularmente los más húmedos y calurosos). En muchos de los casos se trata de Temefos, un insecticida que sirve para matar las larvas del animal más mortífero de todo el mundo, ¿puede adivinar de qué animal hablamos? Se lo diremos en un momento más. Por lo pronto hablemos de aquel material sólido (embolsado y sumergido) Temefos.

Se trata de una sustancia química que cuando se usa en bajas concentraciones representa poco peligro para las personas. El problema del Temefos es cuando se acumula (y sobrepasa la concentración permitida) en los cuerpos de agua con los que el ser humano está en contacto. El insecticida, además de ser un contaminante ambiental, puede causar trastornos de conducta, daño hepático y hasta genético. Una de las últimas publicaciones científicas de una brillante física mexicana, escrita junto con otros investigadores, aporta posibles soluciones a este problema.

La doctora Monserrat Bizarro Sordo, del Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, fue una de las primeras científicas en todo el mundo en estudiar las propiedades fotocatalíticas de semiconductores de óxido de zinc dopados con aluminio para la degrada-



Estructuras del Temefos en microscopio.

ción de contaminantes orgánicos. Estos materiales pueden destruir compuestos orgánicos con la ayuda de radiación ultravioleta (como la que proviene naturalmente del Sol). Preparar estos materiales no es tan costoso con el método de rocío pirolítico (spray pyrolysis), método que ella sigue utilizando a más de una década de que lo reprodujera en su laboratorio. Durante todos estos años ella ha perfeccionado las técnicas necesarias para generar estos materiales y ha probado su efectividad en muchos contaminantes del agua. Ahora sabemos que también pueden usarse nanoestructuras de óxido de zinc (ZnO, esta vez sin aluminio) para el Temefos que utilizamos para controlar la plaga de mosquitos. Los mosquitos son los animales responsables del mayor número de muertes a nivel mundial, por ser vectores de enfermedades como la malaria, zika, chikunguña, dengue y tantos otros males infecciosos. No se había reportado (hasta la primavera del año 2020) el uso de películas delgadas de óxido de zinc para degradar Temefos. Estos nuevos materiales, que ella y otros investigadores con los que trabajó prepararon en su laboratorio, tienen forma de rosetas o “nanoflores”, vistos bajo el microscopio electrónico, y hacen que la degradación del Temefos bajo luz solar sea siete veces más rápida.



Dra. Rocío G. de la Torre S.  
Secretaría de Vinculación y Educación Continua

Referencia:

<https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2020.112414>

Doi: 10.1016/j.apcatb.2010.03.040

<https://doi.org/10.1039/D2EN00384H>



Instituto de  
Investigaciones  
en Materiales





# Educación STEM: ¿moda o necesidad?

Aketzalli González Santiago

Facultad de Ingeniería, UNAM

[aketzalli.gonzalez@ciencias.unam.mx](mailto:aketzalli.gonzalez@ciencias.unam.mx)

Te invito a pensar y recordar los nombres de las mujeres que han ocupado un papel clave en el desarrollo de la ciencia y tecnología, ¿las recuerdas?, son varias. Te daré unos minutos para recordar los nombres de estos referentes.

Te ayudaré un poco a recordar. Entre estas científicas e ingenieras podríamos nombrar a mujeres como Hipatia de Alejandría, Margaret Hamilton, Edith Clarke, no olvidemos a las mexicanas Julieta Fierro, Magdalena Trujillo Barragán, Antígona Segura y Lorena Rojas Nucamendi, sin embargo, la lista es mucho más larga.

La historia está repleta de científicas como ellas que, debido a los tabúes y roles de género establecidos de su momento, vivieron en la sombra por años. En este escenario, las mujeres somos excluidas de las carreras STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por sus siglas en inglés). El Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) publicó un informe donde detalla que solo 3 de cada 10 profesionistas STEM son mujeres<sup>1</sup>.

Con el fin de erradicar esta problemática, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) implementó este semestre la asignatura de

Igualdad de género en el plan de estudios, como medida para promover la igualdad de género en la facultad y motivar a las mujeres inscritas en las carreras de ingeniería. La realidad es que áreas STEM tienen poca representación de mujeres y de la comunidad LGBTQ+.

Echando un vistazo a la Agenda estadística del 2011 y 2021 de la UNAM observamos que el ingreso de las mujeres en las carreras consideradas como masculinas ha sido mínimo.

De acuerdo con datos de la matrícula de licenciatura del 2019-2020 para la Facultad de Ingeniería, la carrera con menor número de mujeres fue Ingeniería Mecánica. De un total de 684 alumnos, el 90.9 % fueron hombres, mientras que el 9.1 % representó a las mujeres. En la lista siguen las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica; Ingeniería Mecánica Eléctrica, y Ciencia de Datos. Los porcentajes aumentan un poco más con licenciaturas como Ingeniería en Computación (de 2 267 alumnos, el 80 % fueron hombres y 19.8 % mujeres), y sí... esos son los datos más alentadores (Ver Figura 1).

Sumado a ello, la nómina de la Facultad de Ingeniería más actual (según la Dirección General de Asuntos del Personal Académi-



Figura 1. Datos de las tendencias de género en la Facultad de Ingeniería

co de la UNAM) tiene entre su plantilla, de un total de 263 profesores de carrera, 217 hombres y 46 mujeres. Es el mismo caso con los profesores de asignatura: de 1 437 personas, 375 son mujeres y 1 062 hombres. Las preguntas que deberíamos responder son entonces: ¿acaso a las mujeres no gustan las áreas STEM? ¿Se trata de un sesgo de género en cuanto a las disciplinas que deberíamos elegir? Estas interrogantes tan trascendentales han intentado ser contestadas por muchos investigadores que alguna vez buscaron justificar que existe una mayor habilidad matemática en los hombres que en las mujeres. Pero también, los estudios feministas realizaron su labor y han demostrado que las mujeres somos tan capaces como los hombres para dominar áreas de las cuales, por tantos años, hemos sido excluidas.

### ¿Las mujeres somos naturaleza y los hombres cultura?

Desde 1972, Sherry Ortner hizo la pregunta primordial: ¿es la mujer al hombre lo que la naturaleza a la cultura? Dicha pregunta marcó un parteaguas en los estudios feministas. Bajo ese bosquejo, la autora analizó

lo que entendemos por masculino (construcción de conocimiento, cultura, razón) y lo femenino (marcado por la subjetividad, emoción, experiencia, naturaleza).<sup>2</sup>

Traigo esta publicación a discusión para que reflexionemos en torno al papel que se nos asigna dentro de la cultura occidental. Un papel en el cual debemos desempeñar actividades dentro lo privado, de cuidados y los ciclos vitales. Sin embargo, es preciso recordar que aquello que es entendido como “hombre” y “mujer” se trata de complejos constructos culturales y sociales, y que van más allá de las características biológicas de los individuos.

El concepto de género ha sido estudiado desde los años 60 por grandes teóricas y pilares del feminismo, algunas son Simone de Beauvoir, Juan Scott, Kate Millet y, en la actualidad, Judith Butler. El género representa una categoría de análisis de las relaciones entre los sexos, de las diferencias de los caracteres y de los roles socio-sexuales de hombres y mujeres y, finalmente, como una crítica de los fundamentos «naturales» de esas diferencias<sup>3</sup>.

*“El género representa una categoría de análisis de las relaciones entre los sexos, de las diferencias de los caracteres y roles socio-sexuales de hombres y mujeres y, finalmente, como una crítica de los fundamentos «naturales» de esas diferencias” (Osborne, 2008).*

¿Pero qué tiene que ver toda esta teoría social con las mujeres y las matemáticas? La clave está en los estudios feministas que nos ayudan a comprender cómo nuestra sociedad se fundamenta en la división de género y transforma la diferencia sexual en desigualdades sociales, todo como parte

de la estructura patriarcal de poder. Bien lo decía ya Graciela Hierro: “las diferencias del sexo construyeron, histórica y socialmente, a los géneros. A partir de entonces, distinguir los géneros significa jerarquizarlos”<sup>4</sup>.



### ¿Somos tan diferentes?

Durante años, los científicos han estado obsesionados por comprender y demostrar que existen diferencias cognitivas y físicas según nuestro género, y que dichas diferencias están biológicamente determinadas. En este contexto, se ha argumentado que tales diferencias pueden originarse por influencias, genéticas y hormonales, que afectan la anatomía o la función del cerebro<sup>5</sup>.

En el artículo *Sex differences in fluid intelligence among high school graduates*, los autores exponen los debates de la comunidad científica alrededor del tema. Por un lado, hay un grupo que sostiene que existe un contraste significativo entre géneros con relación a la inteligencia general y, por otro lado, quienes señalan como erróneo el planteamiento anterior al considerar que las diferencias entre géneros no se dan en

la inteligencia general, sino en habilidades específicas (tales como la espacial, el razonamiento verbal y el razonamiento matemático) pero no en la inteligencia general. Sin embargo, investigadores como Lutz Jäncke (2018) concluyeron que no existen diferencias significativas en la microestructura del cerebro de mujeres y hombres ni en relación al coeficiente intelectual. Además, aquellas supuestas divergencias de sexo/género en la anatomía del cerebro y su función cerebral son cada vez menos claras. Gracias a investigaciones como las de Jäncke, podemos ir descartando que exista un cerebro “femenino” y uno “masculino”<sup>6</sup>. Podemos concluir que no somos tan diferentes como creíamos y que muchas de las habilidades que desarrollamos dependen de las experiencias individuales, la cultural y los estereotipos de género.

### Las niñas también soñamos con números

Por lo que revisamos en la sección anterior, no hay una diferencia biológica que determine las capacidades cognitivas de las personas. Sin embargo, esto no contesta por qué la brecha de género en las áreas STEM es tan grande.

La problemática tiene diferentes aristas. Una de ellas es que existen pocos referentes femeninos, y es que siempre que pensamos en “científicos” nos viene a la mente personajes como Albert Einstein o Nikola Tesla, pero no Alan Turing o Hedy Lamarr, es decir, asociamos estas carreras con lo masculino. Mientras a las niñas se nos enseña que las grandes mentes fueron hombres, se nos seguirá asignando otro papel dentro de la sociedad.

En ese sentido, el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) analizó cuántas mujeres estudian carreras STEM y se en-

contró que las brechas de género empiezan durante la infancia (y no hacen más que aumentar con el tiempo).

El IMCO concluyó que las niñas de primaria tienen mejores resultados en las pruebas del Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (PLANEA) en asignaturas como matemáticas, situación que se revierte en secundaria y se amplía al finalizar el bachillerato<sup>7</sup>.

Sumemos a esto que solo el 6 % de las 10 mil alumnas de bachillerato de la Zona Metropolitana del Valle de México encuestadas para el reporte de Movimiento STEM (2021) dijeron no estar interesadas en estudiar una carrera de las áreas STEM<sup>8</sup>.

De igual forma podemos comprobarlo a través del informe publicado por la UNICEF llamado Solving the equation: Helping girls and boys learn mathematics

(Resolver la ecuación: Ayudar a las niñas y los niños a aprender matemáticas), que incluye datos que engloban a más de 100 países y territorios.

En el documento se indica que las niñas de todo el mundo están rezagadas con respecto a los niños en matemáticas, esto como resultado del sexismo y los estereotipos de género. Sumado a esto, los niños tienen hasta 1.3 veces más probabilidades que las niñas de adquirir habilidades matemáticas y esto se debe a las normas y los estereotipos de género negativos, a menudo fomentados por maestros, familiares y por otros niños<sup>9</sup>. Todo esto influyen en las oportunidades y educación que las niñas reciben, además de que mina su confianza sobre sus propias capacidades y las predispone a dejar de estar interesadas en el mundo de los números.



Figura 3. Referencia IMCO

## Importancia de la diversidad en la ciencia

Muchos desacreditan la importancia de incorporar a las mujeres en las ciencias, principalmente en las áreas STEM. ¿De qué sirve todo esto? Mathias Wullum Nielsen tiene una respuesta para ello:

*“La diversidad de género tiene el potencial de impulsar el descubrimiento científico y la innovación”.*

La diversidad de género puede aportarnos diversas perspectivas, diversas preguntas de investigación, diversidad en los métodos de investigación, diversidad de experiencias. La falta de mujeres y de personas no binarias provoca sesgos de género en las investigaciones científicas y tecnológicas, práctica que conocemos como androcentrismo en la ciencia (analizar los problemas y fenómenos de investigación desde el punto de vista masculino).

La ciencia, al ser una actividad humana, es una actividad social, por lo tanto, tener una sola visión limita su desarrollo. Tal como hemos aprendido, entre más sean las preguntas y métodos empleados, la construcción del conocimiento será más vasto.

De este modo, la educación STEM se presenta como una necesidad urgente. Es primordial incrementar la participación de mujeres en estos sectores. Para lograrlo es necesario intervenir desde los primeros años de escuela para que más niñas refuercen su confianza en las habilidades que ya tienen.

Existen otros problemas, uno se presenta cuando aquellas niñas que motivamos a estudiar áreas mayormente dominadas por hombres llegan a facultades y universidades donde no existe igualdad de género. Esto puede detonar la deserción de jóvenes que atravesaron comentarios ma-

chistas o profesores que replican constantemente los estereotipos que buscamos derribar desde el feminismo y la educación con perspectiva de género. Por ello, es tan importante que estas reflexiones y perspectivas sigan en continua transformación y se impregnen en las instituciones, igual que aquellas políticas públicas que fomenten la igualdad.

No queremos que todas las niñas y mujeres estudien carreras STEM, lo que anhelamos desde el feminismo y la educación es que todxs tengamos derecho a elegir nuestro camino y vocación de acuerdo a nuestros intereses, sueños y capacidades, y nunca más orilladas por los estereotipos o roles establecidos.

## Referencias

1. IMCO, Consultado en: <https://imco.org.mx/en-mexico-solo-3-de-cada-10-profesionistas-stem-son-mujeres/>
2. Osborne, R.; Molina Petit, C. (2008). Evolución del concepto de género (Selección de textos de Beauvoir, Millet, Rubin y Butler). EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales, 15, 147-182
3. Osborne, R.; Molina Petit, C. (2008). Evolución del concepto de género (Selección de textos de Beauvoir, Millet, Rubin y Butler). EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales, 15, 147-182
4. Hierro, G. (1989). Ponencia presentada al 11 Encuentro Internacional de Feminismo Filosófico (Bs.As., noviembre 1989)
- 5,6. Jäncke, L. (2018). Sex/gender differences in cognition, neurophysiology, and neuroanatomy. Faculty Rev, 7
7. Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes: <https://www.inee.edu.mx/evaluaciones/planea/>
8. Andrade Baena, G. (2021), Indicadores STEM para México, Movimiento STEM, Ciudad de México.
9. Comunicado de prensa UNICEF. Consultado en: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/todo-mundo-ninas-están-zaga-ninos-matematicas-consecuencia-discriminacion-genero>



# Nanoestructuras magnéticas para la remoción de contaminantes en agua

Raquel Murillo Ortíz<sup>1</sup>, Enrique Díaz Barriga Castro<sup>2</sup>,  
Raquel Mendoza Reséndez<sup>1</sup>, Carlos Luna Criado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Físico Matemáticas (FCFM)  
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)  
Av. Universidad S/N, San Nicolás de los Garza  
Nuevo León, 66455, México

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).  
Blvd. Enrique Reyna Herмосillo No. 140, Saltillo.  
Coahuila, 25294, México.

[raquel\\_slp@hotmail.com](mailto:raquel_slp@hotmail.com)

[carlos.lunacd@uanl.edu.mx](mailto:carlos.lunacd@uanl.edu.mx)

## Resumen

Durante las últimas décadas, el incremento de contaminantes tóxicos en el agua ha representado una grave amenaza para la salud pública y el medio ambiente. El uso de nanoadsorbentes magnéticos para la remediación ambiental ha llamado mucho la atención, debido a sus propiedades magnéticas que facilitan la separación y eliminación del adsorbente en el agua utilizando un campo magnético externo. Por lo tanto, las nanopartículas magnéticas brindan una alternativa simple y de bajo mantenimiento a los adsorbentes tradicionales para el tratamiento de aguas contaminadas. En el presente trabajo se hace una breve revisión de las propiedades de las nanoestructuras magnéticas y se describe su uso en la depuración de aguas contaminadas.

## Introducción

Recientemente, los nanomateriales magnéticos sensibles a un campo externo se han desarrollado rápida y extensamente para una amplia gama de aplicaciones, incluyendo la remediación ambiental. Sus propiedades magnéticas adecuadas, de tipo ferrimagnéticas, ferromagnéticas o superparamagnéticas, pueden diseñarse con el tamaño y geometría de partícula para la aplicación requerida. El procedimiento de su síntesis es usualmente simple y económicamente viable, se pueden funcionalizar para mejorar sus propiedades, y su dispersión en un medio líquido es lograda con una alta estabilidad facilitando su aplicación en múltiples usos. En este artículo presentamos una breve revisión de las características del ferromagnetismo, ferrimagnetismo y superpa-

ramagnetismo, así como las estrategias, avances y retos en el uso de nanoestructuras magnéticas en el tratamiento de aguas contaminadas.

## Ferromagnetismo y ferrimagnetismo

Los imanes presentan la propiedad de generar un campo magnético permanente sin necesidad de aplicar un estímulo externo. A este comportamiento magnético se le denomina **magnetismo permanente** [1]. Los materiales ferromagnéticos tienen átomos con electrones desapareados que les otorgan un espín total no nulo, el cual tiene asociado un momento dipolar magnético. Los átomos magnéticos interactúan entre sí por medio de la **interacción de intercambio** o **canje magnético** (denominada en inglés *exchange interaction*) [2]. Esta interacción de origen mecánico-cuántico tiende a alinear paralelamente los momentos magnéticos atómicos en los materiales ferromagnéticos. No obstante, en ausencia de campos externos  $H$ , el alineamiento de todos estos momentos es energéticamente desfavorable. Esto es debido a que el material presentaría una magnetización  $M_s$  de saturación, lo que provocaría una distribución de polos magnéticos norte y sur efectivos en la superficie del material, tal como se representa en la figura 1a. La formación de estos polos magnéticos genera un campo magnético desmagnetizador  $H_D$ , orientado desde el polo Norte al polo Sur, oponiéndose a  $M_s$  (fig. 1a); esto conllevaría una elevada energía magnetostática [1]. Para alcanzar una configuración energéticamente más favorable, los momentos magnéticos atómicos se alinean por zonas, denominadas **dominios magnéticos**, en las que la orientación de los momentos cambia de un dominio a otro. Estos dominios

están separados entre sí por regiones en las que la orientación de los momentos atómicos cambia gradualmente, llamadas **paredes de dominio magnético** o **de Bloch**, ver figura 1b. Si no existiesen estas paredes, la orientación de los momentos atómicos cambiaría súbitamente al pasar de un dominio a otro contiguo, y las fronteras entre dominios tendrían una enorme energía de intercambio magnético acumulada [1].

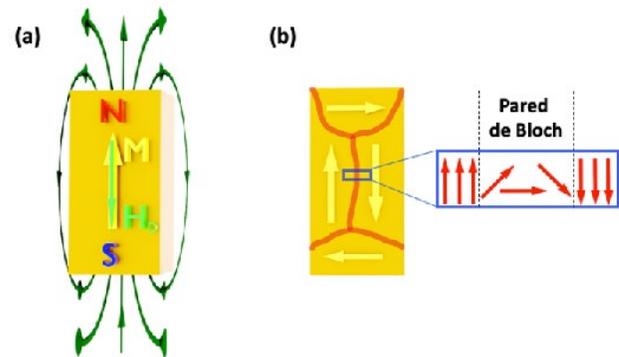


Figura 1. Representación esquemática de: (a) un material en el que todos los momentos magnéticos atómicos están alineados, dando lugar a la magnetización  $M$ , la formación de polos magnéticos Norte (N) y Sur (S), y la generación de un campo desmagnetizador  $H_D$ , y (b) la configuración de un material en el que se forman varios dominios magnéticos separados por paredes de dominio o de Bloch.

Al aplicar un campo magnético  $H$  a una temperatura por debajo de la temperatura de Curie, los momentos magnéticos atómicos tienden a alinearse con el campo y se altera la configuración de dominios magnéticos. Esto explica por qué la magnetización de un material ferromagnético depende de sus configuraciones de dominio previas, presentando histéresis magnética y una magnetización remanente una vez que el material ha sido previamente magnetizado. En la figura 2 se representa esquemáticamente cómo cambia la configuración de dominios magnéticos midiendo la magnetización en función del campo aplicado a una temperatura constante. Usualmente, los materiales ferromagnéticos se obtienen (por procesos naturales o artificiales) en

un estado desmagnetizado con dominios magnéticos compensados entre sí. Al aplicar un campo magnético esta configuración de dominios magnéticos es alterada y el material se magnetiza obteniéndose la curva de primera magnetización (ver figura 2). Esto ocurre principalmente mediante dos procesos: **propagación de paredes de dominio** y **rotación coherente de momento magnético**. Aplicando un campo magnético  $H$  suficientemente intenso, los momentos magnéticos se alinean con el campo formando un solo dominio magnético y se alcanza la **magnetización de saturación**  $M_s$  (ver figura 2). Cuando la intensidad del campo externo se anula, se vuelven a formar paredes de dominios magnéticos, sin embargo, algunos dominios tienden a estar alineados en la dirección del campo previamente aplicado dando lugar a una magnetización neta no nula denominada magnetización remanente  $M_r$ . Para lograr que la magnetización vuelva a ser nula, se requiere aplicar un campo magnético en sentido opuesto al inicial llamado **campo coercitivo** o **coercitividad**  $H_c$  (ver figura 2). Al aumentar la intensidad del campo  $H$ , el material se magnetiza hasta la saturación. Invertiendo de nuevo el campo magnético, la magnetización completa el ciclo o lazo de histéresis representado en la figura 2. Cabe mencionar que algunos imanes, como la piedra imán o magnetita ( $Fe_3O_4$ ), presentan dos o más tipos de átomos magnéticos cuyos momentos magnéticos se alinean con orientaciones opuestas formando subredes. Como átomos de diferentes tipos tienen distintos momentos magnéticos, se tiene como resultante una magnetización neta no nula. Este tipo de ordenamiento de momentos magnéticos antiparalelos no compensados se conoce como “ferrimagnetismo” [1,2].

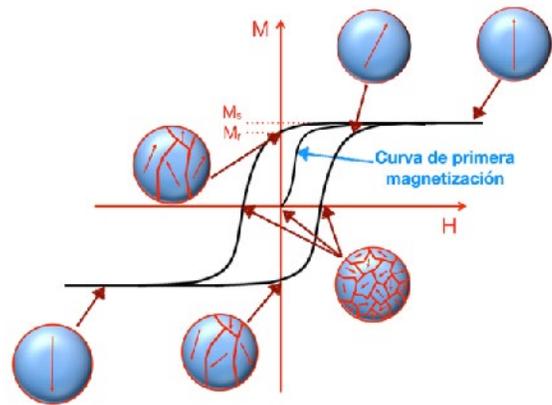


Figura 2. Representación esquemática del cambio de la configuración de dominios magnéticos en un ciclo de histéresis magnética.

### Transición multidominio-monodominio y superparamagnetismo

Las paredes de dominio magnético tienen un espesor de varias decenas de nanómetros. Cuando el tamaño del material se reduce a escalas submicrométricas (en ausencia de campos magnéticos externos) el número de dominios magnéticos del material se va reduciendo (ver figuras 3a y 3b) hasta alcanzar un cierto valor crítico en el que ya no se pueden formar paredes de dominio magnético (ver figura 3c) [3]. En este caso tenemos una nanopartícula monodominio, y el proceso de inversión de la magnetización solamente ocurre por rotación coherente, que requiere más energía que la propagación de paredes de dominio. Es por esto que los ciclos de histéresis se van ensanchando (aumenta su campo coercitivo o coercitividad) al producirse la transición entre una estructura multidominio a una monodominio [3]. En las figuras 3a-3c se representa el cambio de las curvas isotérmicas de la magnetización en función del campo magnético aplicado según se produce la transición multidominio/monodominio. Si reducimos aún más el tamaño de una partícula monodominio, la coercitividad y magnetización remanente disminuyen hasta anularse debido a efectos

térmicos (ver figura 3d). El régimen en el que una nanopartícula monodominio pierde su comportamiento histerético por efectos térmicos se le denomina **superparamagnetismo** [4]. En este régimen, las nanopartículas no tienen magnetización remanente, sin embargo, en una dispersión coloidal se pueden recolectar con un imán debido a su elevada susceptibilidad magnética.

### Uso de nanopartículas magnéticas en el tratamiento de aguas contaminadas

En la actualidad existe una variedad de contaminantes en el agua que pueden ser removidos usando nanopartículas magnéticas a granel, o nanopartículas embebidas en nanocompositos magnéticos. A continuación, mencionaremos algunas de las ventajas del uso de nanopartículas magnéticas como adsorbentes para procesos de tratamiento de agua [5].

Las nanopartículas presentan una alta relación área superficial/volumen por lo que exhiben una elevada eficiencia en la adsorción de agentes contaminantes. También presentan una gran afinidad con los agentes contaminantes, una alta reactividad y una rápida cinética, implicando procesos que en general son sencillos y fáciles de controlar, y que en conjunto disminuyen el tiempo de reacción y aportan beneficios económicos en el proceso de remoción. Estas características permiten el uso de las nanopartículas como agentes absorbentes en la remediación de aguas contaminadas basado principalmente en cuatro etapas: 1) dispersión de las nanopartículas mediante su inyección en el medio acuoso, 2) adsorción del agente contaminante (a veces se debe funcionalizar previamente las nanopartículas mediante su recubrimiento con un surfactante específico), y 3) remoción

de las nanopartículas con los átomos, iones o moléculas de la sustancia contaminante adsorbidos en su superficie [6-9]. Con fines de que esta remediación sea lo más sustentable y económicamente competitiva frente a otros procedimientos de tratamiento de agua, las nanopartículas deben ser reutilizables varias veces sin reducir de forma importante su eficacia como adsorbentes y sus propiedades físicas. Para ello, se requiere inducir la desorción en las nanopartículas recuperadas para que liberen el agente contaminante adsorbido. Esto se suele conseguir sometiendo las nanopartículas a cambios de pH [6].

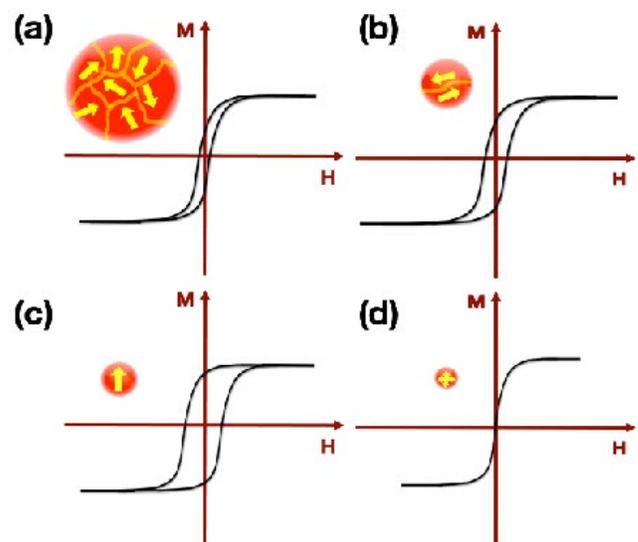


Figura 3. Representación esquemática del cambio de las curvas isotérmicas de la dependencia de la magnetización con el campo magnético cuando se produce la transición multidominio-monodominio (a)-(c) y se alcanza el régimen superparamagnético (d).

Uno de los puntos críticos en el uso de nanopartículas para la purificación de grandes masas de agua es la recuperación y aislamiento de las nanopartículas una vez adsorbido el agente contaminante que se desea remover. Los procesos de centrifugación y filtración son los más empleados, sin embargo, son muy complejos y costosos.

En el caso de nanopartículas magnéticas, el proceso de eliminación de contaminantes puede realizarse por decantación magnética al ser atraídas con un imán. Estas nanopartículas pueden emplearse directamente o bien, se pueden embeber en nanofibras para filtrar el agua al ir desplazando este material nanocompuesto a través de la masa de agua por la acción de un imán [6-7]. En la primera opción resulta más conveniente el empleo de nanopartículas superparamagnéticas, dado que las nanopartículas con magnetización permanente son más difíciles de dispersar en un medio líquido (puesto que se atraen entre sí y tienden a agregarse y flocular antes de aplicar un campo magnético externo).

En la figura 4 se muestra la sencillez del proceso de decantación magnética empleando nanopartículas magnéticas. En los incisos a) y b) de la figura 4 observamos nanopartículas superparamagnéticas en una solución acuosa recolectadas por un imán. En los incisos c) y d) observamos nanofibras con nanopartículas  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$  en solución removidas por un imán.

Las nanopartículas tienen tamaños de 1 o 2 órdenes de magnitud más pequeños que la longitud de onda de la luz visible, es por ello que la resolución de la microscopía óptica no es suficiente para obtener imágenes en las que se puedan distinguir nanopartículas individuales. Por consiguiente, se deben emplear otro tipo de microscopías para medir el tamaño y forma de las nanopartículas. Por ejemplo, en las microscopías electrónicas se emplean electrones en lugar de fotones. A modo ilustrativo, en la figura 5 mostramos una imagen de microscopía electrónica de transmisión (MET) de nanopartículas de magnetita con propiedades superparamagnéticas. En la figura 6 se muestran

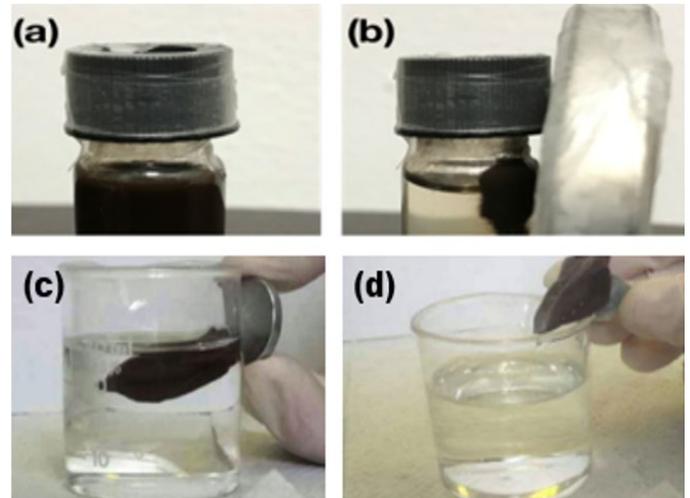


Figura 4. a) Imagen de una suspensión de nanopartículas superparamagnéticas en agua. b) Separación de las nanopartículas del medio de suspensión con un imán. c) Imagen de una nanofibra en agua y d) Separación magnética de la nanofibra con nanopartículas magnéticas removiendo arsénico. Las imágenes c) y d) están reimprimadas con permiso de Elsevier B.V. de la referencia Murillo-Ortiz, R. et al (2019) [7]. Derechos de autor Elsevier B.V. (2019).

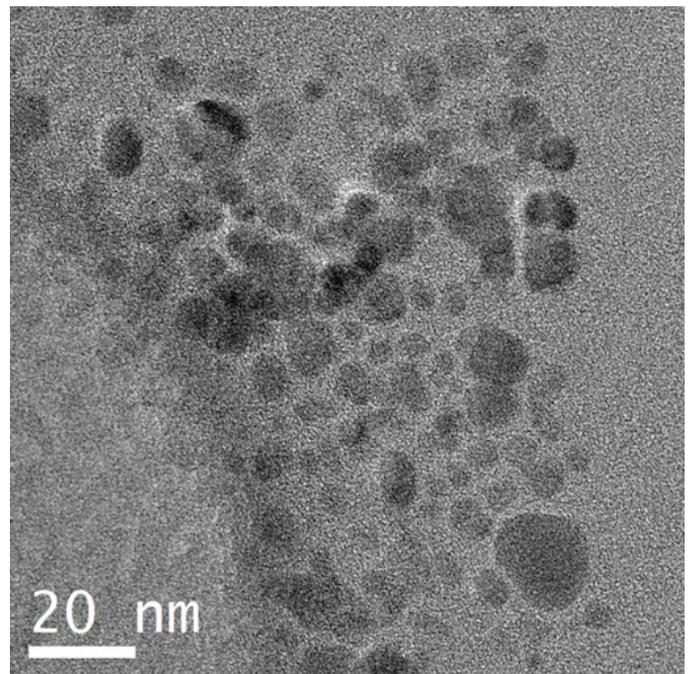


Figura 5. Imagen de microscopía electrónica de transmisión de nanopartículas superparamagnéticas de magnetita.

imágenes MET de nanopartículas ferrimagnéticas de  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ , y nanofibras con estas nanopartículas incrustadas axialmente.

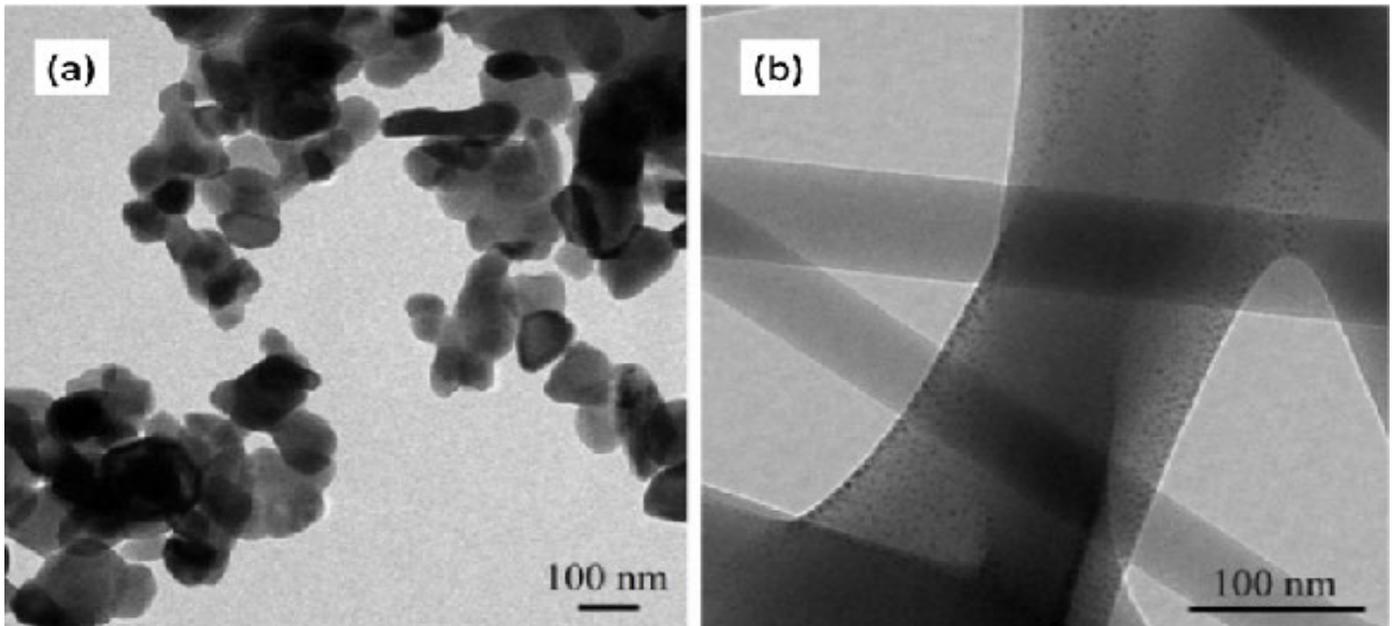


Figura 6. a) Imagen de microscopía electrónica de transmisión de nanopartículas ferrimagnéticas en polvo. b) Nanopartículas incrustadas axialmente a lo largo de las nanofibras. Reimpreso con permiso de Elsevier B.V. de la referencia Murillo-Ortiz, R. et al (2019) <sup>[7]</sup>. Derechos de autor Elsevier B.V. (2019).

### Remoción de contaminantes orgánicos usando nanopartículas magnéticas

Los contaminantes orgánicos en aguas residuales y potable, como colorantes, pesticidas y productos farmacéuticos, son compuestos orgánicos estables que pueden permanecer en el ambiente por periodos muy largos y afectar el proceso de fotosíntesis. En esta subsección mencionaremos algunas aplicaciones de nanopartículas magnéticas en la remoción de contaminantes orgánicos.

La eliminación de pesticidas utilizados en la agricultura ha sido un problema crítico en todo el mundo. En un estudio reciente se reporta la eliminación de diazinón del agua <sup>[8]</sup>, utilizando una nanolamina de CuO y un nanocompuesto de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/CuO, sintetizados mediante el método de combustión. Los autores indican que se puede usar el nanocompuesto Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/CuO con éxito para eliminar más del 94 % de diazinón. Además, los autores evaluaron

la recuperación del absorbente en tres repeticiones, siendo esta significativamente elevada (del 97.6 %).

También la remediación de aguas contaminadas con colorantes es un problema crítico, ya que estos compuestos pueden permanecer en el ambiente por periodos muy largos. Samrot y colaboradores lograron la eliminación del colorante textil cristal violeta usando nanopartículas magnéticas de óxido de hierro <sup>[9]</sup>. Para ello sintetizaron por el método de coprecipitación química 3 tipos diferentes de nanopartículas superparamagnéticas de óxido de hierro, SPIONs por sus siglas en inglés. Las SPIONs de tamaño inferior a 50 nm presentaron una eficiencia de adsorción optimizada para la concentración de adsorbato-adsorbente de 8 g/L, con un pH igual a 9 y 2 h de tiempo de contacto. En este estudio se aplicaron modelos matemáticos como los estudios de isotermas de Langmuir, Freundlich y Temis. La capacidad máxima de eliminación fue del 94.7 %.

En otro estudio se informó de la degradación del colorante azul de metileno a través de nanopartículas magnéticas de óxido de hierro modificadas con bentonita <sup>[10]</sup>. Estas nanopartículas exhibieron excelentes propiedades superparamagnéticas y una capacidad de reutilización de aproximadamente el 73 % en 5 ciclos. La capacidad máxima de adsorción del colorante azul de metileno fue de 136 mg/g a temperatura ambiente, y los datos de adsorción se ajustaron estrechamente con el modelo de isoterma de adsorción de Langmuir-Liu y colaboradores <sup>[11]</sup>, logrando preparar un nuevo material adsorbente que contiene hierro de valencia cero a partir de cenizas volantes para remover simultáneamente los tintes de cristal violeta (CV) y azul de metileno (MB). Se encontró que la capacidad máxima de eliminación para CV y MB fue de 172.41 mg/g y 151.52 mg/g, respectivamente. Por lo tanto, es un material eficaz, de bajo costo y reciclable para la eliminación de tintes.

Muy recientemente, Kosik y Japes han sintetizado un compuesto de quitosano-carbón activado con nanopartículas de hexaferrita  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  (BaM-AC-CS) para la eliminación de azul de metileno <sup>[12]</sup>. Las nanopartículas (BaM) fueron sintetizadas por el método de coprecipitación y el compuesto (BaM-AC-CS) se sintetizó mediante el método de microemulsión. El compuesto mostró una magnetización de saturación,  $M_s$ , de  $26.8 \text{ emu g}^{-1}$ , y una capacidad máxima de adsorción de 254.6 mg/g a una temperatura de 323 K. Los datos de adsorción se describieron con el modelo cinético de pseudosegundo orden y se ajustaron las isotermas de adsorción Redlich-Peterson. El compuesto también mostró una buena capacidad de adsorción en 5 ciclos de regeneración consecutivos.

Recientemente, se ha detectado también un aumento de contaminación de aguas con productos farmacéuticos. Rocha y colaboradores <sup>[13]</sup> han producido carbono activado funcionalizado con óxido de hierro para evaluar simultáneamente la eliminación de los fármacos diclofenaco y venlafaxina. Además, comparan la eficiencia de remoción obteniendo este material compuesto mediante dos métodos convencionales, pirolisis y tratamientos con microondas. Concluyen que, para ambos métodos, se tuvo un alto rendimiento de adsorción y una eficiente recuperación magnética del material adsorbente, con capacidades máximas de adsorción que oscilan entre  $97 \pm 2$  y  $215 \pm 4 \mu\text{mol/g}$  para el método de pirolisis y entre  $80 \pm 2$  y  $172 \pm 3 \mu\text{mol/g}$  para el método de microondas.

En el estudio llevado a cabo por Mohammadi y colaboradores <sup>[14]</sup>, se sintetizaron nanopartículas de hierro metálico mediante un método de reducción de cloruro de hierro en presencia de borohidruro de sodio ( $\text{NaBH}_4$ ) para la eliminación de amoxicilina de medios acuosos. Usando el proceso de sonólisis lograron una eficiencia de eliminación de amoxicilina del 99.7 % en 120 min. Por otra parte, en un estudio reciente, Zhao y colaboradores [15] han reportado la síntesis de Zr-MOF ( $\text{Fe}_3\text{O}_4@$ MOF-525) funcionalizado magnéticamente con nanopartículas para obtener un adsorbente reciclable que permite separar los antibióticos tetraciclina (TC) y diclofenaco sódico (DF) del agua. Los autores informaron que las capacidades máximas de adsorción de los antibióticos TC y DF fueron calculadas por el modelo Sips, alcanzando valores de 745 y 277 mg/g, respectivamente. El material adsorbente puede ser recuperado y reutilizado en varios ciclos (con una eficiencia del 80 % en 4 ciclos).

## Remoción de contaminantes inorgánicos usando nanopartículas magnéticas

El uso de las nanopartículas magnéticas no solo se limita a la remoción de contaminantes orgánicos. Actualmente, varios metales pesados como el arsénico, cobre, mercurio, cromo, etc. (que están presentes en aguas residuales industriales) también se pueden eliminar de manera eficiente. A continuación, mencionaremos algunos resultados destacados recientes. Los autores Kulpa-Koterwa y colaboradores <sup>[16]</sup> sintetizaron un nuevo adsorbente basado en nanopartículas magnéticas de  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$  para la eliminación de metales pesados. La capacidad máxima de adsorción para los iones  $\text{Cd}^{2+}$  y  $\text{Cu}^{2+}$  fue del 83 % al 89 %, respectivamente, y para los iones  $\text{Pb}^{2+}$  del 73 %. También los autores Rahmani et al. <sup>[17]</sup> reportan la síntesis de un nuevo adsorbente por el método hidrotermal, basado en kappa-carragenina, puntos de carbono dopados con nitrógeno (N-CD) y nanopartículas magnéticas de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . La eficiencia máxima de remoción para  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  fue comprendida entre 88 % y 98 %, siguiendo la cinética de adsorción representada por el modelo de isoterma de Langmuir. De igual manera, los autores Abdollahia et al. <sup>[18]</sup> sintetizaron estructuras magnéticas de  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-MIL-53(Fe)}$  para la eliminación de arseniato de aguas superficiales y subterráneas. La adsorción máxima fue de 70.1 mg/g. El proceso de adsorción obedeció al modelo de pseudo-segundo orden y los datos experimentales se ajustaron a la isoterma de Langmuir. En otro estudio <sup>[19]</sup>, Morales y colaboradores sintetizaron nanopartículas magnéticas de  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  y  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  para eliminar arsénico (As) del agua. Las capacidades máximas de

adsorción alcanzadas fueron de 250 mg/g para  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  y para  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  de 230 mg/g. Estos valores se determinaron a través de experimentos cinéticos y de equilibrio del modelo de Freundlich. Sheverin et al. <sup>[20]</sup>, sintetizaron nanocompositos a base de zeolita natural y magnetita para posteriormente modificarlos superficialmente con cationes de aluminio y calcio, para la eliminación de fluoruros en aguas subterráneas. Los nanocompuestos de superficie modificada mostraron una alta eficiencia de remoción de flúor, alcanzando (~ 90 %). Destacaremos también el estudio de Khamkure y colaboradores <sup>[21]</sup>, en el que se prepararon compuestos de xerogel con nanopartículas de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  a través del proceso de sol-gel, para la eliminación de arsénico y fluoruro. Las nanopartículas se obtuvieron por coprecipitación química, oxidación de sales, y procesos solvotérmicos. Los compuestos de xerogel con las nanopartículas magnéticas, sintetizadas por el método de coprecipitación química, tuvieron una alta eficiencia, del 100 % en la eliminación de arsénico, mientras que para el flúor fue entre 72.4 y 77.4 %. Los autores concluyen que la incorporación de nanopartículas de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  mejoró la adsorción de arsénico y fluoruro. También los autores Murillo-Ortiz, R. et al. <sup>[7]</sup> han reportado el uso de nanopartículas de hexaferrita de estroncio ( $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) incrustadas a lo largo de las nanofibras poliméricas para remover arsénico (V). Reportaron que las nanopartículas promovieron una fuerte interacción con la matriz alcanzando una alta eficiencia de remoción de arsénico del agua y un aumento en las propiedades magnéticas.

## Avances y retos

Los nanomateriales basados en nanoestructuras magnéticas se han empleado cada vez más con fines de remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos en aguas residuales y potable. En los últimos tiempos, debido a sus notables características, se han presentado una gama muy variada de estos nanomateriales como excelentes candidatos que presentan ventajas comparado con otros materiales empleados convencionalmente, entre las que destacan su capacidad de adsorción, la facilidad y sencillez de ser decantados con un imán y su reutilización. Sin embargo, a pesar del potencial de estos materiales, aún existen desafíos que resolver, entre ellos: a) La evaluación del rendimiento de las nanoestructuras en plantas industriales a gran escala, y b) evaluación de su impacto en diferentes ecosistemas. Actualmente, la investigación de nuevas soluciones a estos desafíos es un área de la ciencia de frontera de gran interés y es objeto de investigación de los autores del presente artículo de divulgación.

## Conclusiones

El desarrollo de nanopartículas magnéticas como adsorbentes eficaces para la eliminación de agentes contaminantes se ha estudiado de manera significativa debido a su alta eficiencia de adsorción y estabilidad química, buena reciclabilidad y separación conveniente. Además, los diferentes métodos de síntesis de obtención en cada uno de los estudios demostraron ser ecológicos y sostenibles con el medio ambiente. En una gran cantidad de estudios se ha logrado eliminar casi el 100 % de diversos tipos de contaminantes, como productos farmacéuticos, colorantes, pesticidas y metales pesados, a través del uso de nanopartículas o nanocompuestos magnéticos.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) su apoyo dentro del Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICYT). R. Murillo-Ortiz agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México su apoyo con una beca postdoctoral dentro del programa Estancias Posdoctorales por México 2022.

## Referencias

- 1 Cullity, B. D. and Graham, C. D. (2010). *Introduction to Magnetic Materials (English Edition)* (2nd ed.). Wiley IEEE Press. ISBN: 978-0471477419.
- 2 Mohn, P. (2005). *Magnetism in the Solid State: An Introduction*: 134 (1er ed. 2003, Corr. 2a impresión 2005). Springer. ISBN: 978-3-540-29384-2.
- 3 Luna, C., del Puerto Morales, M., Serna, C. J., Vázquez, M. (2003). Multidomain to single-domain transition for uniform Co<sub>80</sub>Ni<sub>20</sub> nanoparticles. *Nanotechnology*, 14(2), 268. DOI: 10.1088/0957-4484/14/2/332.
- 4 Néel, L. (1949). Théorie du trainage magnétique des ferromagnétiques en grains fins avec applications aux terres cuites. *Ann. géophys.* 5, 99-136.
- 5 Chernaout, D. (2018). Magnetic field generation in the water treatment perspectives: An overview. *Int. J. Advances Appl. Sci.* 5(1), 193-203. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2018.01.025>.
- 6 Tang, S. C., Lo, I. M. (2013). Magnetic nanoparticles: essential factors for sustainable environmental applications. *Water research*, 47(8), 2613-2632. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.02.039>.
- 7 Murillo-Ortiz, R., Mirabal-García, M., Cruz-Rivera, J. J., Valdez-Perez, D., Martínez, J. R., Perez-Moreno, F., Lobo-Guerrero, A. (2019). Properties and arsenic removal evaluation of polyvinyl alcohol nanofibers with embedded strontium hexaferrite nanoparticles. *Materials Chemistry and Physics*, 234, 151-157. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.05.043>.
- 8 Yeganeh, A. and Kadkhodaei, M. (2022). A new combustion method for the synthesis of copper oxide nano sheet and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/CuO magnetic nanocomposite and its application in removal of diazinon pesticide. *J. & Books : Results in Engineer.* 16 (100599). <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100599>.
- 9 Samrot, A.V., Hawwa, H. A. Selvarani A. J., Faradjeva, E., P.R. P.P. y Kumar S.S. (2021). Adsorption efficiency of chemically synthesized Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles (SPIONs) on crystal violet dye. *J. & Books: Curr. Res. Green Sustainable Chem.* 4, 100066. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100066>.
- 10 Wang, Y., López-Valdivieso, A., Zhang, T., Mwamulima, T., Zhang, X. and Song, S. (2017). Preparation of Microscale Zero-Valent Iron-Fly Ash-Bentonite Composite and Evaluation of its Adsorption Performance of crystal Violet and Methylene Blue Dyes. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 20050-20062. DOI:10.1007/s11356-017-9426-2.

- 11** Liu, J., Wang, Y., Fang, Y., Mwamulima, T., Song, X., (2018). Removal of crystal violet and methylene blue from aqueous solutions using the fly ash-based adsorbent material-supported zero-valent iron. *J. & Books, J. Mol. Liq.* 250, 468-476. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.12.003>.
- 12** Kousik, P., Japes, B. (2022). Adsorptive removal of methylene blue dye through magnetically retrievable BaFe<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-activated charcoal-chitosan composite powder: kinetics, isotherms and thermodynamics studies. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* DOI: 10.1080/03067319.2022.2128790.
- 13** Rocha, L., Sousa, E., Pereira, D., Gil, M.V., Gonzalo Otero, G., J.M., Gallo, H., Otero, M., Valdemar I. Esteves, V.I and Calisto, V. (2021). Sustainable and recoverable waste-based magnetic nanocomposites used for the removal of pharmaceuticals from wastewater. *Chem. Eng. J.* 426, 129974. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129974>.
- 14** Mohammadi, L., Hossein Kamani, H., Asghari, H., Mohammadpour, H., Mohammad, G., Rahdar, A. and Kyzas, G. (2022). Removal of Amoxicillin from Aqueous Media by Fenton-like Sonolysis/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Process Using Zero-Valent Iron Nanoparticles. *Molecules*, 27 (19). 6308. <https://doi.org/10.3390/molecules27196308>.
- 15** Zhao, F., Fang, S., Gao, Y., Bi, J. (2022). Removal of aqueous pharmaceuticals by magnetically functionalized Zr-MOFs: Adsorption Kinetics, Isotherms, and regeneration. *J. Colloid Interface Sci.* 615, 876-886. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2022.02.018>.
- 16** Kulpa-Koterwa, M., Ryl, J., Górnicka, K. Niedziałkowski, P. (2022). New nanoadsorbent based on magnetic iron oxide containing 1,4,7,10-tetraazacyclododecane in outer chain (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-cyclen) for adsorption and removal of selected heavy metal ions Cd<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>. *J. Mol. Liq.* 368 parr B, 120710. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.120710>.
- 17** Rahmani, Z., Ghaemy, M and Olad, A. (2022). Removal of heavy metals from polluted water using magnetic adsorbent based on κ-carrageenan and N-doped carbon dots. *Hydrometallurgy*, 213 (105915). <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2022.105915>.
- 18** Abdollahi, a., Salari, D., and Zarei, M. (2022). Synthesis and characterization of magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-MIL-53(Fe) metal-organic framework and its application for efficient removal of arsenate from surface and groundwater. *J. Environ. Chem. Eng.* 10 (2), 107144. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107144>.
- 19** Morales, CG, Alarcón, MT, Astudillo, PD, Lozano, SA, Licea, L., Reynoso, L. (2021). Ferrous Magnetic Nanoparticles for Arsenic Removal from Groundwater. *Water* 13(18), 2511. <https://doi.org/10.3390/w13182511>.
- 20** Scheverin, V. N., Russo, A. V., Horst, M. F., Jacobo, S., Lassalle, V. L. (2021) Design of magnetic nanotechnological devices for the removal of fluoride from groundwater. *Cleaner Eng. Technol.* 3, 100097. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100097>.
- 21** Khamkure, S., Bustos-Terrones, V., Benitez-Avila, N. J., Cabello-Lugo, Ma. F., Camero-Melo, P., Garrido-Hoyos, S. E., Esparza-Schulz, J. M. (2022). Effect of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles on magnetic xerogel composites for enhanced removal of fluoride and arsenic from aqueous solution. *Water Sci. Eng.* 15 (4), 305-317. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2022.07.001>.



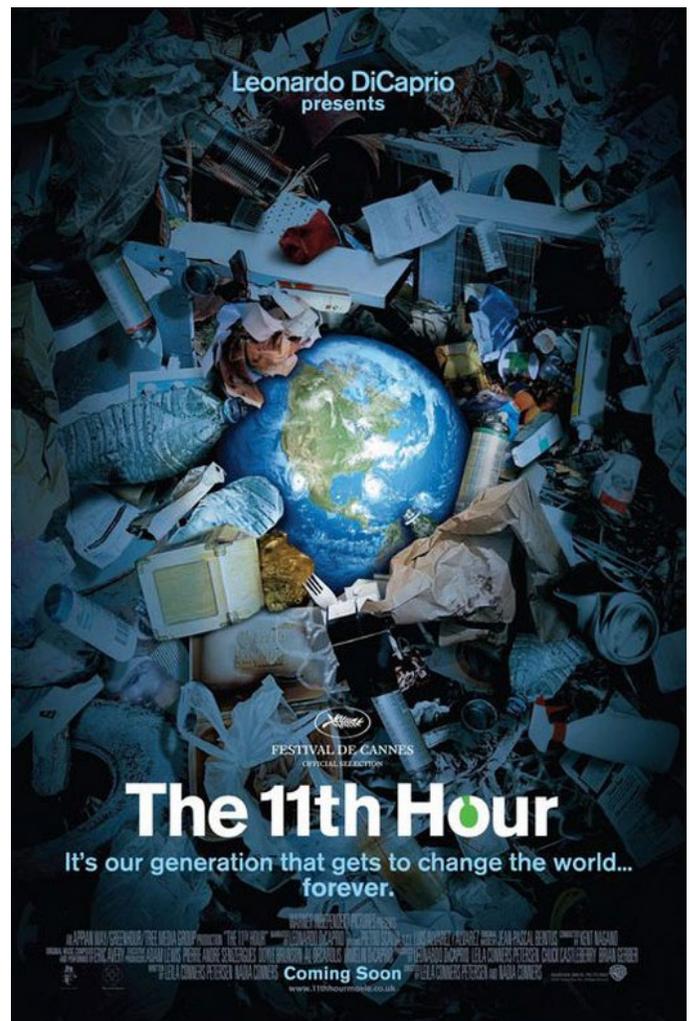
# Reseña de la película La última hora (The 11th Hour)

Rodrigo Castillo Romero

Facultad de ciencias políticas y sociales, UNAM  
[montaro70@hotmail.com](mailto:montaro70@hotmail.com)

Hasta el día de su muerte en 1997, el biólogo marino —pionero en la conservación de los océanos— Jacques Cousteau, advirtió que nos quedaba poco tiempo para revertir el daño que estábamos haciendo (particularmente) a los ecosistemas marinos. Realizó un excelente documental (y enciclopedia) llamado *El mundo marino* ([shorturl.at/sJNSW](http://shorturl.at/sJNSW)), mismo que fue transmitido por televisión a millones de hogares, entre 1968 y 1975; su amor por el ser humano y el ecosistema terrestre lo llevó a producir sin descanso conocimiento y divulgación de la cultura científica.

Varios (aunque no muchos) han sido los intentos por informar y divulgar sobre la situación que hoy en día ya es por todos conocida: el ser humano, con su actividad industrial, está influyendo en cambios medioambientales que han precipitado el calentamiento global, amen de numerosos problemas relacionados; bien venidos, hemos arribado a la era del Antropoceno ([shorturl.at/akAB9](http://shorturl.at/akAB9)). Y si bien fue Carl Sagan quien nos facilitó la comprensión de nuestro origen y lugar en el Cosmos (1980) ([shorturl.at/bEKOZ](http://shorturl.at/bEKOZ)); hoy en día nos seguimos preguntando, ¿qué papel juega



Póster de película La 11th Hora, 2007.

la cultura científica y su divulgación para la toma de conciencia de la población mundial, conciencia que posibilitará la generación de cambios necesarios para enfrentar los nuevos retos y problemáticas globales. Después de la primera Cumbre de la Tierra en el año de 1995 y las Conferencias de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (COP1 – COP27), y habiendo logrado acuerdos importantes entre las naciones del orbe como el Acuerdo de París 2015 ([shorturl.at/kuAW4](http://shorturl.at/kuAW4)), podemos percatarnos fácilmente de que todavía hace falta mucho trabajo, unión y toma de conciencia para enfrentar el reto mayor: transformar nuestros procesos y sistemas de producción, así como nuestra organización política y económica, para lograr un mundo sustentable donde podamos asegurar calidad de vida, alimentación y seguridad para las futuras generaciones.

¡Pobreza, hambre, huracanes, lluvia ácida, altas temperaturas, sequías, inundaciones, guerras, el uso incontenible de energías fósiles como el gas, el carbono y el petróleo, altas temperaturas que llegan a promedios récord en la historia de la humanidad!.. así es como los noticieros de todo el mundo describen hoy en día a los desastres. ¿Serán hechos aislados o son piezas de un rompecabezas global que puede influir y definir el futuro de la humanidad?

Con imágenes fuertes y advertencias comienza el trabajo de Leonardo DiCaprio *La última hora* (2007) ([shorturl.at/TUY68](http://shorturl.at/TUY68)). No fue el primer documental que habla del tema; aquél elaborado por el político estadounidense Al Gore, *Una verdad incómoda* (2006) ([shorturl.at/fhFSU](http://shorturl.at/fhFSU)), le precede. Aunque más que un documental, en realidad se trata de una conferencia filmada con algunos insertos de PowerPoint. Y si bien es cierto que *el que pega primero pega*

dos veces, el documental de Al Gore ayudó a masificar aún más el mensaje que *La última hora* llevó a todavía más personas. Trabajando juntos en dos cortometrajes (*Global Warning* y *Water Planet*), los cineastas Nadia Conners, Leila Conners Petersen y Leonardo DiCaprio se propusieron brindarnos una mirada de la historia de los seres humanos sobre el planeta Tierra y su impacto actual en el medio ambiente. “Creo que ese es el tema más importante de nuestra generación” afirmó el actor durante una conferencia de prensa. “Buscamos expertos independientes, especialistas en este tema fundamental,



Leonardo DiCaprio



que podría terminar siendo el más grande desafío de nuestro tiempo: la destrucción de nuestro ecosistema y la búsqueda de soluciones para un futuro en el que podamos vivir”.

Filmaron más de 150 horas de entrevistas a más de 70 personas, entre científicos, diseñadores, historiadores, pensadores y ambientalistas. El resultado es muy bueno. Relevante sin duda, aunque la crítica señala que resulta bastante difícil cambiar la opinión de aquellas personas escépticas del calentamiento global, pese a la opinión de expertos en el tema, sin embargo, en definitiva, este largometraje sí logra un impacto en un público bastante amplio.

En 1998, el actor de Hollywood creó la Fundación Leonardo DiCaprio, y tiempo después abrió el portal *LeonardoDiCaprio.org*. Se trata de una organización que promueve la toma de consciencia sobre temas medioambientales. En el 2001, la organiza-

ción *Pro-eco-armonía Environment Now* galardonó a dicha fundación con el prestigioso premio “Guerrero por el Medioambiente Martin Litton”.

En lo personal disfruté mucho *La última hora*. Fue la primera vez que vi a un actor mundialmente famoso interesado en dar a conocer una problemática tan acuciante para la humanidad. Y es verdad, debo confesar que en el comienzo se me revolvió el estómago y la trama se me hizo algo difícil de seguir (en el sentido de que esta te obliga a poner toda la atención posible a un discurso que se va hilando de una manera un tanto vertiginosa). Pero se trata de una película sencilla, elocuente y directa. Intervienen en el documental grandes pensadores y activistas tales como David Suzuki, científico, ambientalista y gran divulgador de la cultura científica; el historiador y autor Thom Hartmann; Tze Porah Berman (ambientalista y directora de *Ethical Forestal*);

el físico Stephen Hawking; la Premio Nobel de la Paz Wangari Maathai; Sheila Watt-Cloutier (cabeza de la Conferencia sobre el círculo polar); Sylvia Earle, oceanógrafa; Stuart Pimm, profesor de conservación ecológica; Paolo Solerin, arquitecto; el político estadista Mikhail Gorbachev; Richard Heinberg, analista del desarrollo industrial; Andy Revkin, periodista de ciencia del New York Times, entre muchos otros científicos (enfoque interdisciplinario) cuyos comentarios y análisis resultan muy relevantes y certeros. No podemos dejar de aplaudir el trabajo de edición de la casa productora *Warner Independent Pictures* (el mismo DiCaprio estuvo involucrado en la producción y dirección).

Más amplio y más profundo que *Una verdad incómoda*, me inclino a pensar que este podría llegar a ser —tal vez— menos ameno y menos fresco que el material del señor Gore (para un público menor de 18 años). En mi práctica docente he utilizado *La última hora* como material didáctico para cursos de preparatoria y universidad. Lo recomiendo para profundizar en el análisis de la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), así como para hablar de bioética y de políticas ambientales. Eso sí, tendría que observarse y comentarse durante el horario de clase, pues solo así se puede potenciar la experiencia divulgativa-formativa. Por la seriedad del tema, el estilo de esta película podría resultar un poco tosco. En lo personal, yo me inclino por aquellos estilos divulgativos que sean capaces de motivar más que de asustar. En ese sentido otro buen ejemplo que también utilizo en clase es la película documental *Home*, del 2009 ([shorturl.at/IEGJ2](http://shorturl.at/IEGJ2)), producida por Luc Besson y dirigida por el fotógrafo francés Yann Arthus-Bertrand. El doblaje al español es realizado de manera excelsa por el locutor Juan Echanove.

*Home* (2009) sin duda triplica la experiencia divulgativa, convirtiéndose en una película apta para toda la familia. Sus imágenes y guion sintetizan de forma sencilla y hermosa, de forma compleja e interdisciplinaria, la evolución y desarrollo de la especie humana (desde el nacimiento del sistema solar y de la Tierra hasta nuestros días). Sin embargo lo que hace el documental de DiCaprio es poner el dedo en la llaga. El lenguaje científico es elocuente y directo como pocos. Las conclusiones esperanzadoras de *La última hora* podrían, por así decirlo, sufrir el mismo defecto que muchos otros documentales sobre este tema, al presentarnos soluciones macroeconómicas que están fuera del alcance del ámbito cotidiano del espectador promedio.

"Demasiada dispersa para provocar impactos efectivos", llegó a decir algún crítico. Yo solo puedo reconocer sus aportes y recomendarlas. En estilos y gustos divulgativos, la última palabra la tiene siempre usted, querid@ lector. Pero en temas ambientales, ¿será ésta realmente nuestra *última hora* para tomar conciencia y cambiar? Sí. Nos guste o no, vivimos en la era de la crisis ambiental. Este hecho une nuestro destino con el de nuestro único hábitat, el planeta Tierra. No dejes de verlo y compartirlo con familiares y amigos, nos hace falta divulgación.





# Materiales sostenibles: ¿Cómo incorporarlos a la Agenda 2030?

**Ximena Monserrat Castro Razo**

**Alexa López López**

SDSN México, perteneciente a la Secretaría de Investigación y Desarrollo, CIC  
Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior,  
Ciudad Universitaria, 04510, CDMX, México  
[ximena\\_monserrat@comunidad.unam.mx](mailto:ximena_monserrat@comunidad.unam.mx)  
[alexalolo830@gmail.com](mailto:alexalolo830@gmail.com)

## Introducción

La sostenibilidad es un aspecto fundamental para la continua evolución y existencia del ser humano, por ello, es primordial estar conscientes del impacto de todo aquello que hacemos y usamos. En ese sentido, el desarrollo de nuevos y mejores materiales tiene una importancia estratégica en la transición a un desarrollo sostenible y la percepción desde distintos campos del conocimiento.

Actualmente, la forma de hacer negocios debe reestructurarse desde una posición más consciente e inteligente, por lo que lograr implementar la sostenibilidad en sus tres pilares (social, económico y ambiental) en cualquier industria o sector no solo es fundamental para detener el daño ecológico (que ha agudizado el cambio climático a un ritmo acelerado y que amenaza nuestra existencia), sino también puede representar una ventaja competitiva para las organizaciones.

Invertir en el desarrollo y uso de materiales de calidad que no impacten negativamente al medio ambiente, al mismo tiempo que no agoten los recursos no renovables, es hoy en día una estrategia innovadora, y se convierte en uno de los mayores retos a unos años de llegar a la meta del 2030.

## Construyendo perspectivas desde América Latina

Consideremos ahora que hablar de materiales es hablar de naturaleza, y con ello resulta importante entender su concepto (o su percepción en el plano social) en América Latina. Es en el espacio material y el tiempo, que la imagen que se tiene sobre la naturaleza y los recursos naturales nunca han estado separados de la humanidad. Cualquier concepto que se utilizaba desde el siglo XVI para anticipar las decisiones provenían de Europa, en cuyos contextos se diferenciaban cultural, social, económica y sistemáticamente de las colonias en América.

Dichas diferencias proliferaron no solo en la colonización del territorio y la población, también lo hicieron con el dominio de los espacios “salvajes” como medios de explotación de recursos potenciales como la minería, la introducción de nuevos cultivos para la agricultura, la caza y la introducción de especies productivas, entre otras. Pronto esta visión se convertiría en un valor mercantil donde la naturaleza sería una canasta de recursos inagotables o de fácil acceso que permean en el crecimiento económico por encima de la estabilidad de los ciclos naturales y la cosmovisión de los habitantes.

*Hasta nuestros días, existe la necesidad de entender los valores que tiene la población con la naturaleza, pero es en el cambio de paradigma y acción donde podemos seguir transformando nuestra relación con el entorno.*

Hasta nuestros días, existe la necesidad de entender los valores que tiene la población con la naturaleza, pero es en el cambio de paradigma y acción donde podemos seguir transformando nuestra relación con el entorno.

Son hasta los siglos XIX y XX cuando se insertan nuevas teorías, avances y nociones científicas que posicionaron a la ecología y los ecosistemas como una nueva imagen de la naturaleza y la relación que se podía tener, ya que suponía un equilibrio dinámico y diversas maneras de intervención con mejor provecho<sup>1</sup>. Pero lo que se avencinó durante el siglo XX y siglo XXI marcó una tendencia a la reflexión a partir de la evidencia que se empezó a generar sobre la crisis ambiental, en particular, por las actividades humanas originadas desde la re-

volución industrial, el desarrollo tecnológico invasivo, conflictos bélicos y estilos de vida predominantes en el mercado, dando paso a conceptos como la “sociedad del riesgo” como crítica al capitalismo, la modernidad y la visión de desarrollo Norte-Sur global<sup>2</sup>. Uno de los referentes sobre estos espacios naturales donde se llevaban a cabo actividades industriales y donde también se tenía una presencia de comunidades muy arraigada al espacio, se destaca en la figura 1, la comuna de San Pedro de Atacama y el paraje del Valle de la Luna al norte de Chile. En este valle, la industria empezó a intervenir el espacio para la extracción de sal durante el siglo XX. Este recurso se convirtió en una de las más importantes actividades económicas de Chile, pero también sustentaba una pertenencia cultural-económica local por parte de las comunidades que habitaban a los alrededores<sup>3</sup>.



Figura 1. Valle de la Luna, también conocido como “Las Salinas”, forma parte actualmente como un destino turístico y reserva nacional en San Pedro de Atacama (Chile). Fuente: Paula Alvarado/Pixabay

## **Materiales en correlación con el desarrollo sostenible**

El planeta Tierra puede proveer infinidad de recursos naturales, pero dependerá de las acciones que se tomen en el presente para asegurar un desarrollo óptimo de materia-

les ante los efectos de la crisis climática. La apuesta por el desarrollo sostenible está directamente relacionada con la eficiencia de conservación, reutilización y mejor aprovechamiento de los materiales, el desarrollo de tecnologías energéticas alternativas a la quema de combustibles fósiles, manejo de residuos, reducción de la contaminación y una lista amplia de soluciones que posicionan a los materiales sostenibles en la línea de intervención de muchos sectores<sup>4</sup>.

La clasificación de los materiales puede darse por cinco grandes grupos: metales y aleaciones, cerámicas y vidrios, polímeros, semiconductores y compuestos<sup>5</sup>. A su vez, estos materiales cuentan con una serie de propiedades que determinan su composición química y aplicación como lo son: conductividad, ductilidad, aislamiento, resistencia, flexibilidad y dureza, entre otros<sup>5y6</sup>.

Los metales y aleaciones son una clasificación que se distinguen por la variabilidad en metales y no metales y sus aplicaciones en estructuras, de carga u otras. Una aleación consiste en la mezcla de diversos componentes que involucran metales o no metales en la adición<sup>5</sup>. En la industria musical, algunos instrumentos están elaborados con latón, una aleación compuesta por cobre y zinc<sup>6</sup>, como se puede observar en la figura 2.

Las cerámicas resultan ser materiales de gran utilidad para aplicaciones en electrónica, por sus enlaces covalentes o iónicos-covalentes<sup>7</sup>. Se caracterizan principalmente por ser aislantes térmicos, resistentes y duros<sup>5</sup>. Algunos condensadores presentes en placas base son elaborados con cerámica que pueden almacenar cargas eléctricas y son visibles en la figura 3.

Los polímeros, también conocidos como “plásticos”, son materiales que se caracterizan por la forma en la que son producidos,



Figura 2. Ejemplo del grupo de metales y aleaciones en instrumentos de viento-metal como el saxofón. Fuente: Pixabay

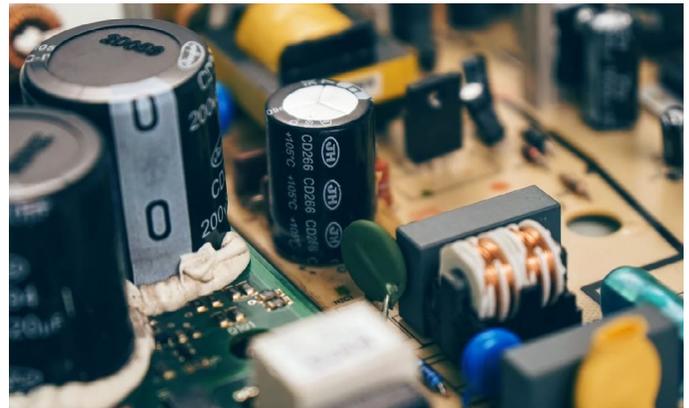


Figura 3. Ejemplo del grupo de cerámicas son las placas base o tarjeta madre de las computadoras, donde se incluyen los condensadores eléctricos. Fuente: Pixabay



Figura 4. Ejemplo del grupo de polímeros son los asientos de plástico, presentes en estadios, escuelas y transporte público (por su eficiencia en producción y uso). Fuente: Toni Cuenca / Pixabay

es decir, por medio de la polimerización y conformarse por moléculas de gran dimensión. Estos pueden ser compuestos naturales o productos sintéticos<sup>5 y 7</sup>. Con este proceso se elaboran productos como, por ejemplo, los asientos de plástico (figura 4). Aunque en estos procedimientos se utilizan enormes cantidades de recursos, como el agua y diversas fuentes de energía, existe una oportunidad para que estos puedan transitar hacia espacios donde coexistan ciclos de vida óptimos de los materiales. Parte del panorama tiene que ver con la trayectoria circular, puesto que su economización para la producción de los productos en décadas anteriores tuvo un impacto significativo en los estilos de vida de las personas y en las tasas de emisiones contaminantes en el planeta<sup>8</sup>.

La consecución del ciclo de vida de los materiales reconoce el diseño de estrategias donde cada producto sea procesado desde el inicio de su fabricación y hasta el final de su utilidad, pudiendo ser reciclado, reutilizado o desechado sin resultar perjudicial, al mismo tiempo que se asegura la economía y el desarrollo cultural de las comunidades<sup>6 y 7</sup>.

## Sobre la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

En 2015, ante la emergencia climática global, los Estados Miembros de la ONU establecieron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como parte de la Agenda 2030 para lograr un desarrollo sostenible, dichos objetivos están interrelacionados y tienen 169 metas asociadas<sup>9</sup>. Los ODS representan un llamado a la acción a nivel mundial para poner fin a la pobreza, proteger al planeta y mejorar la calidad de vida de todas las personas. Cada ODS tiene la particularidad de ser representado por un ícono y un color para garantizar su difusión e identificación global, como se puede apreciar en la figura 5.

## El enfoque de los ODS en los materiales

Para que la vinculación de la importancia de los materiales en el desarrollo sostenible sean una realidad se requiere destacar su importancia de interconexión con los ODS. Cada vez son más las personas que son conscientes de las dimensiones del desarrollo sostenible reflejados en la Agenda 2030, pero se desconoce sobre la relación de los materiales y las nuevas formas de intervención con todos los ODS y sus metas. La propia complejidad de su visión y su capacidad multidisciplinaria nos muestra que los ODS 8, 9, 11, 12, 13 y 15, presentados en la figura 6, han sido de los que más se han tomado en consideración desde la ciencia, la tecnología y la economía circular de los materiales.

De la misma manera en que los ODS 5, 10 y 17 pueden fortalecer al sector de los materiales sostenibles y la resiliencia de la sociedad, el medio ambiente y la economía mostrados en la figura 7<sup>10</sup>.



Figura 5. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible buscan alcanzar el cumplimiento de sus metas para el año 2030 bajo el lema de “No dejar a nadie atrás”. Fuente: Naciones Unidas

## Reflexión

La realidad es que el mercado y el contexto actual demandan nuevos y mejores productos y servicios, por lo tanto, el uso responsable de materiales sostenibles representa una oportunidad para la reestructuración del sistema de producción y consumo que conocemos, y automáticamente para la consecución de los ODS. La sostenibilidad representa un camino viable para la transformación del modelo económico y social, con un enfoque circular, que nos permita seguir desarrollándonos como humanidad. De otra forma, el modelo actual seguirá dirigiéndonos hacia las crisis sociales y económicas derivadas del agotamiento de los recursos y contaminación medioambiental.

## Referencias

- 1 Gudynas, E. (2010) "Imágenes, ideas y conceptos sobre la naturaleza en América Latina". Cultura y Naturaleza, Leonardo Montenegro, ed. Jardín Botánico J.C. Mutis, Bogotá (Colombia), pp.267-292.
- 2 Mercado, A. y Ruiz, A. (2006) "El concepto de las crisis ambientales en los teóricos de la sociedad del riesgo". Espacios públicos, 9 (18), Universidad Autónoma del Estado de México, pp.194-213. ISSN: 1665-8140. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67601813>
- 3 Labra Mocarquer, R. (2017) Arqueología del consumo en el pasado reciente de "Las Salinas" del Valle de la Luna, [Tesis pregrado]. Universidad de Chile. pp. 4-30. Recuperado de: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/183024>
- 4 Green, M., Espinal, L., Traversa, E. y Amis, E. (2012) "Materials for sustainable development". MRS Bulletin: Materials Research Society, Cambridge University Press 37(4), pp. 303-309. doi: <https://doi.org/10.1557/mrs.2012.90>
- 5 Askeland, D., Wright, W., Bhattacharya, D. y Chhabra, R. (2017) "Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales" en Ciencia e ingeniería de materiales (Peralta, L., Trad.), séptima edición, Cengage Learning Editores. ISBN: 978-607-526-062-4. pp. 3-11.
- 6 Newell, J. (2011) "Introducción" en Ciencia de materiales. Aplicaciones en Ingeniería, Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V, México, ISBN: 978-607-707-114-3. pp.2-26.
- 7 Güemes, A., y Martín, A. (Coords.) (2012) "Introducción a la Ciencia de los materiales" en Ciencia de materiales para ingenieros, Pearson Educación, Madrid. ISBN: 978-84-8322-719-0. pp. 1-7.
- 8 Ashby, M. F., (Ed.) (2016) "Chapter 14—The Vision: A Circular Materials Economy". Materials and Sustainable Develop-



Figura 6. Los ODS 8, 9, 11, 12, 13 y 15 pueden aumentar la capacidad de adopción de buenas prácticas en la gestión de los recursos naturales. Fuente: Naciones Unidas



Figura 7. Los ODS 5, 10 y 17 pueden promover espacios donde el papel de las mujeres, la igualdad de oportunidades y las asociaciones inclusivas estén en sincronía con el sector de los materiales. Fuente: Naciones Unidas

- ment, Butterworth-Heinemann. pp. 211-239. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100176-9.00014-1>
- 9 Naciones Unidas, La Agenda para el Desarrollo Sostenible (2020). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- 10 Bontempi, E., Sorrentino, G.P., Zanoletti, A., Alessandri, I., Depero, L.E. & Caneschi, A. (2021) "Sustainable Materials and their Contribution to the Sustainable Development Goals (SDGs): A Critical Review Based on an Italian Example". Molecules, 26 (1407). <https://doi.org/10.3390/molecules26051407>

### Referencias de imágenes

- Figura 1. <https://pixabay.com/photos/valley-of-the-moon-965650/>
- Figura 2. <https://www.pexels.com/es-es/foto/saxofon-dorado-45243/>
- Figura 3. <https://www.pexels.com/es-es/foto/competencia-de-computadora-negra-159201/>
- Figura 4. <https://www.pexels.com/es-es/foto/sillas-de-estadio-776807/>
- Figura 5. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Figura 6 y 7. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/news/communications-material/>



# La UNAM y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

**María Elena Trujillo Ortega, Julieta Ojeda Gómez**

Programa Universitario de Alimentación Sostenible-UNAM

Planta baja del edificio de los programas universitarios. Circuito de la Investigación Científica S/N, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510. Ciudad de México

elenam@unam.mx

## Resumen

La UNAM busca innovar en su estructura, en su oferta académica y en su trabajo de investigación y difusión, de modo que se ofrezcan a la sociedad conocimientos que posibiliten enfrentar sus retos. Desde distintas entidades y grupos académicos se trabaja en el estudio de la alimentación sostenible, no obstante, se identificó la necesidad de una estrategia de integración de dichos enfoques mediante un programa institucional. Con estos antecedentes, surgió el Programa Universitario de Alimentación Sostenible (PUAS) como eje integrador que trabaja en la identificación y propuesta de las prioridades para el estudio de la alimentación sostenible en concordancia con las acciones de las diversas entidades y dependencias de la UNAM involucradas en los estudios sobre sostenibilidad ambiental, económica y social. Las oportunidades que esto representa en docencia, investigación y difusión son amplias y conviene apresurar las acciones para disminuir la distancia entre el conocimiento que se nos demanda y las realidades que hoy vive la sociedad.

## Palabras clave:

*Alimentación sostenible, UNAM, programa universitario, sostenibilidad, acciones*

## Introducción

La complejidad asociada a la temática alimentaria ha impulsado la integración de diversos enfoques y metodologías de carácter interdisciplinario, favoreciendo la adopción de los principios de la sostenibilidad. Hoy se habla de la alimentación sostenible como aquella que debe orientarse hacia la satisfacción de las necesidades presentes y futuras atendiendo la salud ambiental, la equidad social y económica. A este escenario se suma la adopción de una nueva agenda de desarrollo sostenible por parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), basada en el logro de los llamados 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Figura 1), para el año 2030. Su propósito es erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad mundial.

Los 17 ODS pueden, a su vez, abordarse de diferentes formas. Con ello se busca que

los esfuerzos y vinculaciones se logren en menor tiempo (y de modo más eficiente los indicadores propuestos) (Figura 2).

De los ODS, al menos cinco de ellos se encuentran estrechamente relacionados con la alimentación sostenible: hambre cero (1), salud y bienestar (3), agua limpia y saneamiento (6), producción y consumo responsables (12), vida submarina (14) y vida de ecosistemas terrestres (15). Asimismo, la ONU señaló que cada objetivo cuenta con metas específicas que requieren de la participación de los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil para poder concretarlas, mismas que se resumen en la Figura 3.

En la Figura 4 puede apreciarse la participación de las instituciones, fundaciones o empresas nacionales o internacionales que contribuyen para el financiamiento o infraestructura requeridos para la consecución de los ODS.

La UNAM no es ajena a las problemáticas nacionales ni al acontecer mundial, y para ello busca innovar en su estructura, en su oferta académica y en su trabajo de investigación y difusión, de modo que se ofrezcan a la sociedad conocimientos que posibiliten enfrentar sus retos. Distintas entidades y grupos académicos de la Universidad han trabajado desde las diversas áreas de conocimiento en temas relacionados, directa o indirectamente con la alimentación sostenible. Reconociendo la complejidad que involucra el tema se apreció la necesidad de implementar una estrategia de integración de dichos enfoques mediante un programa institucional. Para ello, estratégicamente la UNAM propone la creación del Programa Universitario de Alimentación Sostenible (PUAS) el 9 de septiembre de 2021, por acuerdo del rector.



Figura 1. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible



Figura 2. ODS por temáticas similares



Figura 3. Metas e indicadores de los ODS

Fuente: [mexico.un.org/es/sdgs](http://mexico.un.org/es/sdgs)

El PUAS es un programa que funge como eje integrador para el estudio de la alimentación sostenible en concordancia con las acciones de las diversas entidades y dependencias de la UNAM involucradas en los estudios sobre sostenibilidad ambiental, económica y social. Asimismo, busca estrechar los lazos de la UNAM en investigación, docencia y difusión de la cultura en temáticas de la alimentación sostenible.

**Vinculación de las inversiones, los asociados y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el país**

Este gráfico muestra cómo las inversiones están contribuyendo al trabajo de diferentes entidades y asociados para avanzar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el país. El ancho de las líneas representa la cantidad relativa de recursos aportados. Usted puede usar los filtros para ver cómo las inversiones se dirigen a diferentes ubicaciones geográficas, Objetivos de Desarrollo Sostenible, entidades de la ONU y asociados en la ejecución a nivel nacional.

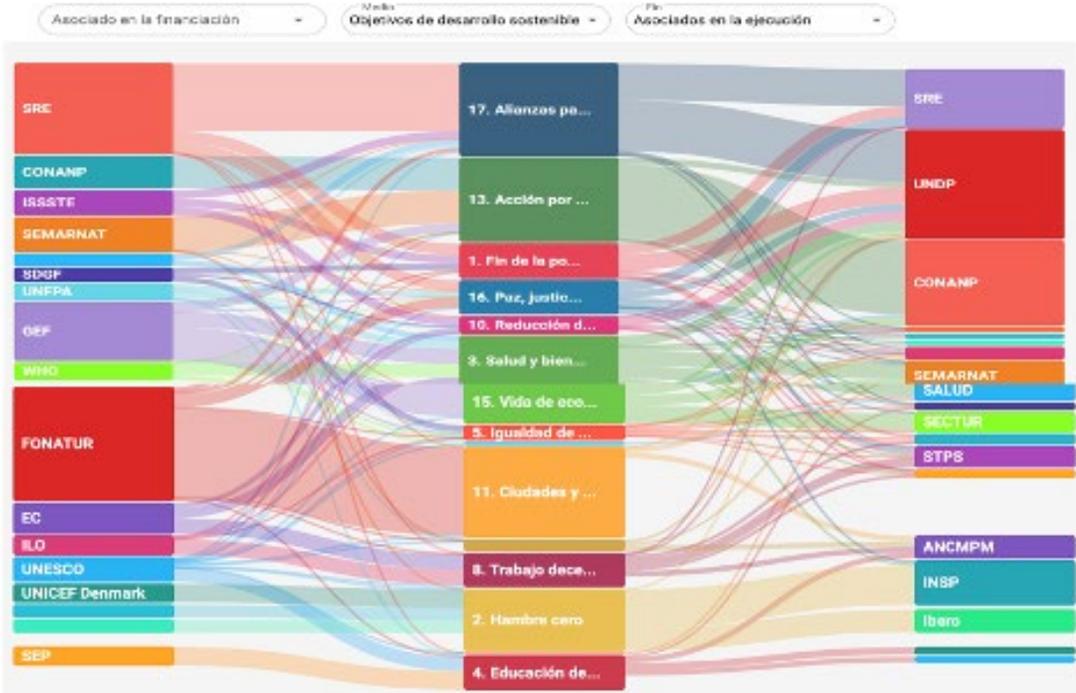


Figura 4. Vinculación de instituciones, fundaciones o empresas asociados a los ODS  
Fuente:mexico.un.org/es/sdgs

**Proyectos temáticos y proyectos sostenibles**

La docencia, la investigación y la difusión son tareas relevantes para superar la problemática existente en temas de salud alimentaria, insuficiencia productiva de alimentos, inadecuada distribución de los mismos y falta de proyectos integrales con carácter sostenible.

En 2014 se inició un trabajo de consulta de las páginas electrónicas de las entidades de la UNAM, de los Programas Universitarios, la revisión de los padrones de tutores de los programas de posgrado, proyectos PAPIIT y PAPIME, así como notas informativas publicadas en la Gaceta UNAM, en boletines internos de algunas entidades universitarias, de la Agencia Informativa Conacyt y del Boletín Investigación y De-

sarrollo, con el propósito de conocer el quehacer universitario en los temas de alimentación y alimentos.

A partir de la creación del PUAS se ha trabajado en la identificación de cuántas de estas líneas o proyectos de investigación, productos de investigación y planta académica incorporan el tema de los ODS.

Como se mencionó anteriormente, el trabajo que se desarrolla en las instituciones de educación superior puede contribuir enormemente al logro de estos Objetivos, y en este sentido, el trabajo académico que se realiza en la UNAM ha estado abordando temáticas relacionadas, de modo directo o indirecto, a los temas propuestos por la agenda del desarrollo sostenible, como se aprecia en la Figura 5.

Es importante señalar que la información refleja lo encontrado al momento de las respectivas consultas, por lo que los proyectos y temas de investigación que se lograron identificar no son necesariamente todos los existentes (tampoco son permanentes e indefinidos y son susceptibles de cambios en el tiempo).

Por otra parte, la oferta de estudios de posgrado de la UNAM cuenta con 42 programas de nivel maestría y doctorado, de los cuales 22 inciden directamente en los ODS. Cabe destacar que dentro de estos programas se encuentra uno enfocado en el abordaje de la sostenibilidad. El Cuadro 1, muestra cuáles son estos programas.

Área	Temas	Contribución a los ODS
Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías	Calidad del agua; conservación del suelo; fósforo en sistemas agroecológicos de México; desarrollo sustentable y conservación de recursos no renovables; re-utilización de materiales de desecho; riesgos hidrometeorológicos (sequías y huracanes) con relación al cambio climático; sustentabilidad del agua; uso eficiente de energía; tecnologías ecológicas para alimentos; tratamiento de agua para su reúso en agricultura, entre otros.	
Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud	Acuicultura y pesquerías; agricultura sostenible; agrobiodiversidad; alimentación saludable; áreas verdes; calidad de vida y sustentabilidad urbana; biofertilizantes; efecto del ambiente sobre la calidad y rendimiento de productos hortícolas; estilos de vida saludables; estrategias de adaptación al cambio climático y utilizarlas en el manejo de especies comerciales; explotación y manejo sustentable de especies; inocuidad de los alimentos; mejora de cosechas bajo estrés ambiental; prevención de enfermedades en acuicultura; producción animal sostenible; servicios ecosistémicos de la agricultura; sistemas agropecuarios sostenibles; por citar algunos ejemplos.	
Ciencias Sociales	Comercio justo; consumo local; derecho sostenible; desarrollo sostenible; economía agrícola y desarrollo rural sustentable; economía circular; empleo y desarrollo rural; hogares rurales y pobreza; huella ecológica de la alimentación; justicia alimentaria; políticas de innovación y sustentabilidad; seguridad alimentaria; soberanía alimentaria; sustentabilidad de sistemas alimentarios; etc.	
Humanidades y de las Artes	Agroecología y consumo responsable; azóreas verdes; balance hídrico del maíz; cambio climático y sus implicaciones en la conservación de la biodiversidad; conservación del patrimonio biocultural; cultura, sociedad y alimentación; huertos urbanos; manejo de residuos domésticos; pobreza rural; sistemas agroalimentarios; sustentabilidad y desarrollo agrario contemporáneo, etc.	
Otras áreas	Abasto alimentario; agricultura, alimentación y ambiente; agua potable; bienestar animal; calidad del agua y salud; derecho a la alimentación; seguridad alimentaria, entre otros.	

Figura 5. Temáticas que se están abordando en la UNAM relacionadas con la alimentación sostenible.  
Fuente: Elaboración propia

Cabe agregar que a toda esta actividad académica se suman espacios, infraestructura y estructuras organizacionales que apoyan y aportan a todo este quehacer como, por ejemplo, la existencia de la Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad o el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS) y muchas otras que, desde su particular campo de actuación, contribuyen a los temas de sostenibilidad (y dentro de ellos, la alimentación sostenible).

### Conclusiones

Los datos que este documento comparte ilustran que el tema genérico de sostenibilidad es abordado en la Universidad, y el específico de alimentación sostenible es incipiente, pero con amplias oportunidades en la docencia, la investigación y la difusión. Se han dado pasos importantes a este respecto, pero es apremiante apresurar las acciones que contribuyan a disminuir la distancia entre el conocimiento que se nos demanda y las realidades que hoy vive la sociedad mexicana.

**Cuadro 1. Oferta de posgrado en la UNAM relacionada con la alimentación sostenible**

Área	Programa
Ciencias Físicas Matemáticas y de las Ingenierías	Maestría y Doctorado en Ciencias Matemáticas y de la Especialización en Estadística Aplicada Maestría y Doctorado en Ingeniería Posgrado en Ciencias e Ingeniería de Materiales Posgrado en Ciencias del Tierra Posgrado en Ciencias de la Física
Ciencias Biológicas Ciencias de la Salud	Maestría y Doctorado en Ciencias Bioquímicas Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal Maestría y Doctorado en Ciencias Médicas, Quimioterapéuticas y de la Salud Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas Posgrado en Ciencias Biológicas Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad Posgrado en Ciencias Políticas y Sociales
Ciencias Sociales	Posgrado en Derecho Posgrado en Economía Posgrado en Geografía Maestría y Doctorado en Arquitectura Maestría y Doctorado en Filosofía
Humanidades y de los Artes	Maestría y Doctorado en Historia Maestría y Doctorado en Filología Maestría y Doctorado en Urbanismo Posgrado en Estudios de Género

Fuente: Elaboración propia con base en información de la Coordinación General de Estudios de Posgrado

## Referencias

- 1 AgroDer (2012) "Huella Hídrica en México, en el contexto de Norteamérica, WWF, México", en Lambarri Beléndez, Javier y Rita Vázquez del Mercado Arribas (2017) "Huella Hídrica: Definición y contexto global" en Huella Hídrica en México: análisis y perspectivas, SEMARNAT e IMTA, p.23.
- 2 Bollo-Manent, Manuel, José Ramón Hernández-Santana y Ana Patricia Méndez-Linares (2014), "The state of the environment in Mexico", Central European Journal of Geosciences, 6 (2), Springer, pp. 219-228.
- 3 CONABIO <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/peces/>
- 4 CONAGUA Infografía Huella Hídrica, material disponible en <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/infograf%C3%ADa%20huella%20h%C3%A9drica.pdf>
- 5 Coordinación General de Estudios de Posgrado, Oferta académica, disponible en <https://www.posgrado.unam.mx/oferta>
- 6 Diario Oficial de la Federación (2012). Acuerdo por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional. Publicada el 24 de agosto del 2012.
- 7 Dirección General de Planeación (2021) Agenda Estadística 2021. Universidad Nacional Autónoma de México.
- 8 Fernández Rivera, M., et. al., (2018) Criterios de sustentabilidad pesquera: una guía fundamental para conservar los recursos pesqueros en México. CONABIO, Biodiversitas, 140:8-11
- 9 FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF (2020), versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2020. Transformación de los sistemas alimentarios para que promuevan dietas asequibles y saludables. Roma, FAO. Disponible en <https://doi.org/10.4060/ca9699es>
- 10 Gaceta UNAM Acuerdo del Rector por el que se crea el Programa Universitario de Alimentos (PUAL), publicado el 22 de junio de 1981.
- 11 Gaceta UNAM Acuerdo por el que se cancela el Programa Universitario de Alimentos (PUAL) y se crea el Programa Universitario de Alimentación Sostenible (PUAS), sección Gobierno, publicado el 9 de septiembre de 2021, pp. 21-23.
- 12 Iberdrola ¿Qué es la huella de carbono y por qué es vital reducirla para frenar el cambio climático? Disponible en <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/huella-de-carbono>
- 13 Méndez-Toribio, M., Martínez-Garza, C., Ceccon, E. y Guariaguata, M.R. (2018) La restauración de ecosistemas terrestres en México: Estado actual, necesidades y oportunidades. Documentos Ocasionales 185. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- 14 Organización de las Naciones Unidas (ONU) Objetivos del Desarrollo Sostenible, disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- 15 Pesca con Futuro <https://pescaconfuturo.com/11-pescados-mariscos-certificacion-sustentable-mexico/>
- 16 Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta y J. de la Masa. (2009). Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. CONABIO, México, D. F., 100 p.
- 17 Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, edición 2018. Semarnat. México. Disponible en <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap1.html#tema3>
- 18 Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) (2016) "Guías alimentarias para la población española la nueva pirámide de la alimentación saludable". Nutr Hosp., 33(8): 1-48.
- 19 UN-Water Annual Report 2012 disponible en [https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2017/05/UN-Water\\_Annual\\_Report\\_2012.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2017/05/UN-Water_Annual_Report_2012.pdf)
- 20 Vázquez del Mercado Arribas, R. V14 (2017) Huella hídrica en México: análisis y perspectivas / Rita Vázquez del Mercado Arribas, Javier Lambarri Beléndez (editores -- Jiutepec, Mor.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp.255.
- 21 Yates P.L. (2011) "Food and Agriculture Organization of the United Nations. International Scientific Symposium. Biodiversity and sustainable diets – united against hunger". J Farm Econ., 28(1):54.



# Entrevista a Isve Guerrero Velázquez

Rocío Guadalupe de la Torre  
Secretaría de Vinculación y Educación Continua, IIM  
[vinculacion@materiales.unam.mx](mailto:vinculacion@materiales.unam.mx)

Isve Guerrero ha distinguido con El Jaguar Internacional de las Artes a diversas instituciones y personalidades, entre ellas podemos mencionar a:

- \* Castillo de Chapultepec - Museo Nacional de Historia en sus 80 años y a sus más destacados colaboradores.
- \* Museo Nacional de Antropología en sus 55 años y a sus más destacados colaboradores.
- \* INAH Instituto Nacional de Antropología e Historia en sus 80 años y a sus más destacados colaboradores.
- \* Biblioteca Central de la UNAM Universidad Nacional Autónoma de México en su 63 aniversario.
- \* Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada de la SHCP en sus 90 años y a sus más destacados colaboradores.
- \* Colegio de Arquitectos de la Ciudad de México en sus 70 años y a sus más destacados colaboradores.
- \* Ballet Folklórico de Amalia Hernández en sus 63 años y a sus 90 bailarines más destacados.
- \* Los Estudios Churubusco en sus 73 años y a sus más destacados colaboradores.
- \* The Latin American Library de Tulane University USA New Orleans.
- \* Canal 22 en sus 25 años.
- \* Museo Soumaya "Arquitectura" del arquitecto Fernando Romero.



- \* Filmoteca de la UNAM.
- \* Buque Escuela Velero Cuauhtémoc de la Secretaría de Marina Armada de México.
- \* Banda Sinfónica de la Secretaría de Marina Armada de México.
- \* El Concurso Nacional de Pintura Infantil "El niño y la Mar".
- \* A personalidades como Elena Poniatowska, Horacio Franco, Amalia Hernández, Demetrio Bilbatua entre otros.

**—¿Cuáles fueron tus materias favoritas de la escuela?.. A muchos niños, niñas y adolescentes no les gustan las ciencias naturales y matemáticas, ¿por qué crees que ocurra esto?**

Mis materias favoritas de la escuela son física, inglés, matemáticas, biología, educación física, formación cívica y ética.

En general a las personas no les gusta pensar, los niños, niñas y adolescentes prefieren todo el tiempo estar distraídos en cosas o actividades en las que no necesiten usar el pensamiento, solo les gusta hacer cosas de manera mecánica y repetitiva, debido a que eso no les demanda pensar, solo actuar repetitivamente y se han acostumbrado a que ese comportamiento les da felicidad o satisfacción.

Quiero complementar mi respuesta con este conocimiento: Nuestra especie humana está diseñada para el ahorro de energía en su cuerpo, el que una persona piense consume energía, para explicarme un poco mejor, el cerebro consume energía y es por esto que prefieren hacer cosas que no consuman tanta energía y como desde pequeños los dejan ser así, pues ya para ellos es normal ser flojos para pensar y lo malo es que les causa felicidad el no tener que pensar y moverse.

**—¿Cómo podemos interesar más a las infancias y juventudes en ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas?**

Primero tienen que estar bien alimentados, porque cualquiera de las disciplinas que me preguntan requieren de un desgaste de energía consumida por su cerebro. Es como un coche que no tiene gasolina no recorre ni un metro, ni siquiera enciende. Los contenidos para cada uno de los pilares del STEAM de la pregunta, deben de ser nuevos, divertidos, simples y actuales, porque muchas veces sucede que se aburren

por que los contenidos ni siquiera están actualizados y son viejos.

Deben de generar una conexión inmediata con el estudiante, como ahora se dice en los contenidos de la red, te debe de atrapar en los primeros segundos, para que no se distraigan en otra cosa.

Deben de existir talleres y laboratorios de todas las actividades para aprender y reforzar el conocimiento, para aprenderlo de una manera más rápida, sin tantas tareas, sin tanta información que hay que leer y leer.

Se deberían de usar los nuevos medios de comunicación y las nuevas tecnologías.

Desde el inicio darles a todos los materiales y elementos profesionales, para que se acostumbren a un mínimo de calidad alto y les sea natural el uso de cosas profesionales.

**—¿Qué tipo de documentales, videos educativos o revistas científicas te gusta consultar?**

Ahora me gusta ver el canal de la NASA, libros, películas y series que tengan que ver con el espacio. Antes cuando era chiquita veía Piensa como un cuervo, diseño ¡Ah! y la revista Muy interesante junior.

La primer serie de fotografías que le hice a la Luna con mi telescopio fue a los 5 años.



Isve a los 5 años

*—¿Te han hecho bullying por enfocarte tanto en el estudio, ganar premios o por ser muy creativa en diversos campos del conocimiento y las artes? ¿Cómo le haces para no dejarte influenciar por el bullying, burlas o la envidia de tus pares?*

Prefiero no comentar mucho lo que hago y procuro tener una vida como la de todos, para que no piensen que me siento la muy muy, o que solo estén conmigo por interés. Cuando estaba en la primaria siempre invitaba a mis eventos y casi nunca fueron, y cuando fueron una ocasión a mi exposición pictórica en el patio central del Senado de la República como que algunos querían juntarse más conmigo, pero a otros les dio mucha envidia y me lo mostraban.

La mayoría de mis compañeros actuales me tendrían envidia si supieran lo importante que soy.

*En pintura moderna y clásica, la composición tiene un enorme sustento matemático, como la teoría fractal o la proporción áurea (la teoría musical también). ¿Cómo incluyes a las ciencias naturales y matemáticas en tu producción artística?*

Todas las bellas artes: pintura, escultura, cinematografía, teatro, danza, literatura, música, arquitectura y fotografía, están bajo el control de la espiral dorada o conocida también como espiral áurea, al ser de esta galaxia. Los fractales son resultado de la espiral áurea.

Aunque no quisiera usarlos, en esta galaxia es imposible no usarlas, éstas definen la estética de la vida en el planeta.

Para completar mi respuesta, les puedo decir que no existen las bellas artes sin proporción áurea y movimiento.

Directamente a lo que me pregunta les puedo platicar que mi primer obra con fractales 3D fue a los 5 años de edad y tengo mucha obra pictórica que incluye al mar.

*—En nuestra revista abordamos la ciencia e ingeniería de los materiales, es decir, “de qué están hechas las cosas y cómo los diferentes materiales (artificiales y naturales) que componen nuestro mundo moldean nuestro entorno”. ¿Podrías compartirnos un poco de tu creación plástica para ilustrar este artículo de la revista y platicarnos por qué los elegiste?*

Aunque tengo más de 200 obras pictóricas bellas y he trabajado con diversos elementos como, óleo, aceites, solventes, acuarela, pastel, grafito, pigmentos en polvo; maderas: cedro, salam, fresno, pino, caoba; metales: aluminio, fierro, bronce, oro; piedras: mármol; plastilina epóxica; modelado: cera y plastilinas. He elegido estas obras que muestran su belleza y por su relación a lo que me preguntan sobre la relación del arte, los fractales, la proporción áurea y las matemáticas.

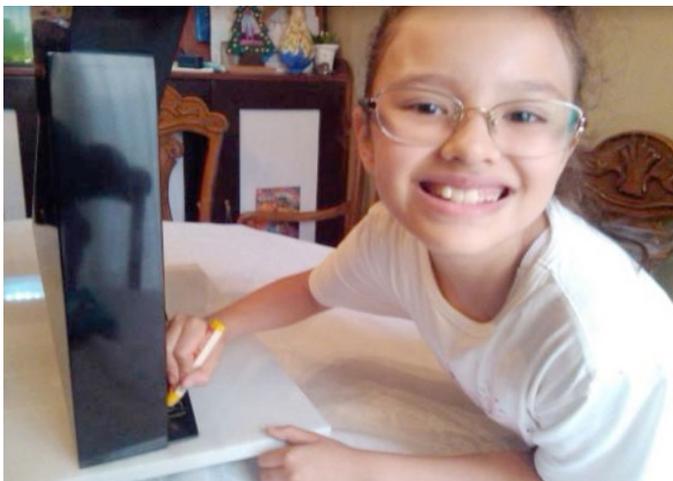
### Cisne – Cisve

Inicio del estudio y creación de mi obra 2014 y sigo en la actualidad estudiándola y madurándola.

La elegí porque es una obra que muestra mi crecimiento y sobre todo por el planteamiento de su entrevista, mencionando los fractales y la proporción áurea.

Fotos a continuación, donde se muestra el crecimiento de mi obra, de mi cuerpo y mente.





## Triángulos, Cuadrados, Rectángulos y Leonardo Da Vinci

Fecha de Creación- Marzo 2018

Caoba y tinta china

Ver la obra por la parte de atrás y después la parte frontal, donde se encuentra Leonardo Da Vinci.

La elegí por su belleza, porque es una obra única, porque muestra elementos geométricos mágicos y la hice en homenaje a Leonardo Da Vinci.

Porque Leonardo Da Vinci fue una persona excelente como artista plástico que creaba sus propios materiales para pintar y tenía mucha capacidad para crear y diseñar máquinas y tecnología adelantada para su tiempo.

*—El arte y la cultura permean nuestra cotidianidad (muchas veces sin darnos cuenta) como también lo hacen la robótica y las proezas tecnológicas. Hablamos más del concurso RIS y de tus próximos proyectos.*

El RIS Concurso Nacional de Robótica y Tecnología se creó para dar una oportunidad a todas las personas que tienen relación con la Tecnología, a presentar sus invenciones,

no importando si son niños o adultos, con muchos o pocos estudios, con dinero o sin dinero. También participan grandes instituciones. El año pasado participó la Secretaría de Marina Armada de México, con 21 proyectos, la UNAM, el INAOE, el IPN y otras más. Mi Fundación debe de hacerlo año con año para distinguir a lo mejor de las tecnologías que le hacen bien a la Humanidad. Mi proyecto más importante es seguir llevando mi mensaje de Paz a todo el mundo, en los lugares más importantes y también en los que la mayoría piensa que son los menos importantes. “Hacer la Paz es más difícil para la humanidad que llegar a Marte”. Mi otro proyecto más importante es seguir entregando el Jaguar Internacional de las Artes a lo más destacado de las bellas artes en el mundo.

Mis 2 proyectos más importantes los he estado haciendo desde que tenía 4 años y seguiré haciéndolos hasta que termine mi estancia en esta vida.

*—Entre lo figurativo y lo abstracto, tus coloridas pinturas vislumbran mundos posibles, exactamente igual que lo hacemos aquí en el Instituto de Investigaciones en Materiales al ir de los compuestos inorgánicos a los orgánicos, creando materiales híbridos. ¿Qué es lo que tú has encontrado al transitar entre los diferentes estilos de tu producción visual?*

Que lo más importante es desarrollar nuestras ideas, buscar la forma de lograrlas y ser feliz con lo que se va logrando cada año.

*—Cuando seas mayor y leas esta entrevista, ¿qué te gustaría decirle a tu yo del futuro?*

“Sigue evolucionando, madurando y siendo feliz”.



Triángulos, Cuadrados, Rectángulos y Leonardo Da Vinci, 2018.



# Jugo de nube. De las nubes a tu botella

Mireya Imaz, Araceli Nava y Ariadna Arellano

Dirección General de Atención a la Comunidad (DGACO)  
Cto. Centro Cultural, 04510 Ciudad Universitaria, CDMX  
[comunidad@unam.mx](mailto:comunidad@unam.mx)

## ODS en los que incide el proyecto



## De nubes y gotas de lluvia

El agua que bebemos, que nos conforma y que se encuentra en los ecosistemas (ríos, lagos, océanos y otros), se encuentra continuamente fluyendo en los cuatro grandes compartimentos del sistema Tierra (atmósfera, hidrosfera, litosfera y biosfera) y cambiando de estado a su forma líquida, vapor o hielo.

Desde la niñez hemos escuchado sobre el sorprendente viaje que hace el agua a través de un ciclo, que se reproduce continuamente en el planeta. Parece sencillo, pero ¿sabes cómo se forma la lluvia?

En la atmósfera, la capa de gases que recubre la superficie de nuestro planeta, el principal estado físico del agua es el vapor. Cuando este vapor se enfría, cambia a estado líquido, es decir, se condensa sobre ciertas superficies, como partículas de polvo, humo, cristales de sal e incluso microorganismos (conocidos como núcleos de condensación), formando diminutas gotas de agua (y en algunos casos de pequeños cristales de hielo), que en conjunto podemos apreciar como nubes. (Figura 1 y Figura 2).

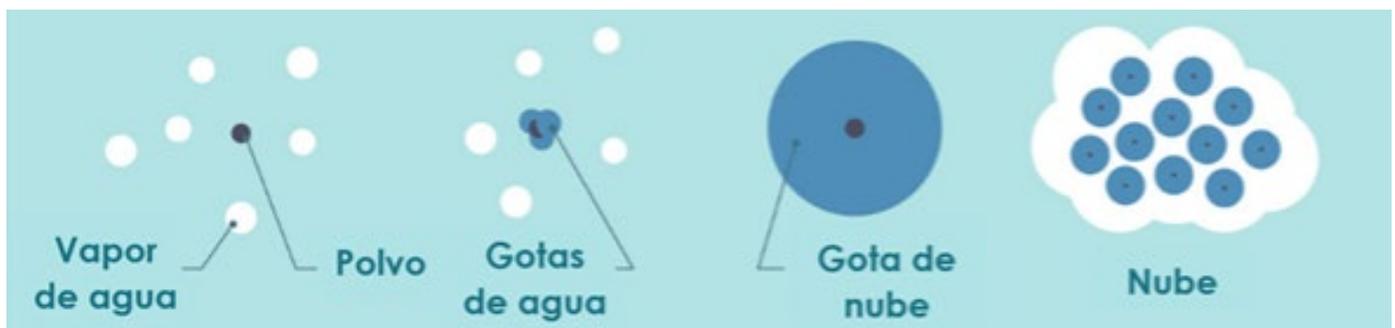


Figura 1. Formación de nubes. “El polvo y otras partículas que flotan en el aire proporcionan superficies para que el vapor de agua se convierta en gotas de agua o cristales de hielo. Las diminutas gotas de agua se condensan sobre las partículas para formar gotas de nube. Las nubes están formadas por un montón de gotitas de nubes unidas con gotas de lluvia. (Tomada de NASA/JPL-Caltech/Alex Novati, s.f.)



Figura 2. Tamaños relativos de una gota de lluvia, gotitas de nube y núcleos de condensación (tomada de Viñas, 2022)

En ciertas nubes, dichas gotitas de agua se desplazan chocando entre sí, uniéndose y aumentando su volumen miles de veces. De manera que, cuando se tornan lo suficientemente grandes, caen a la tierra como lluvia o precipitación pluvial. (Figura 3).

### La calidad del aire y la calidad del agua de lluvia

A pesar de que no resulta visible a simple vista, el aire es una mezcla de diferentes componentes: 21 % oxígeno, 78 % de nitrógeno y 1 % de otros (entre ellos el vapor de agua).

¿Has escuchado alguna vez que las lluvias limpian el aire?, ¿has notado que tras un aguacero es posible apreciar mejor las montañas? Esto se debe a que, en su caída, la lluvia puede arrastrar todo tipo de contaminantes, entre ellos, partículas, gases y microorganismos. Debido a la calidad del aire de la Zona Me-

tropolitana del Valle de México (ZMVM), raramente llueve agua pura. Por ello, el agua de lluvia, sin el tratamiento adecuado, no es apta para consumo humano; sin embargo, sí puede ser recolectada y utilizada para tareas como lavar automóviles, algunos tipos de ropa o para riego.

### El agua de lluvia como recurso

El agua liberada por las nubes termina en lugares como océanos, lagos y ríos, así como en el suelo, donde se infiltra favoreciendo la recarga de los mantos acuíferos. Pero ¿qué pasa con el agua que llega a los suelos sellados por la edificación de construcciones urbanas, ya sea pavimento, edificios o infraestructura en general?

Cuando el agua se encuentra con áreas impermeables dentro de las ciudades, la mayor parte de este recurso se dirige al drenaje. Ello (aunado a la generación e in-



Figura 3. Formación de gotas de lluvia (tomado de Sánchez y Cafaggi, 2020)

correcta disposición de residuos sólidos urbanos) puede desencadenar taponamientos de las coladeras, encharcamientos o inundaciones.

¿Existirá alguna manera de aprovechar este recurso hídrico? ¡Sí!

Para aprovechar este recurso, hay procesos que permiten su captación y tratamiento<sup>1</sup> logrando, incluso, obtener agua de calidad óptima para el consumo humano.

## Jugo de nube

El sistema de captación de agua pluvial “Jugo de nube” es una ecotecnia desarrollada por la UNAM, en colaboración con Isla Urbana, que consiste en captar, almacenar

y abastecer de manera gratuita agua de lluvia que cumple con la norma nacional de agua potable y es, por tanto, apta para el consumo humano, en beneficio de la comunidad universitaria. Esto tiene efectos muy positivos en la salud y la economía de la comunidad, así como en la reducción de los residuos del agua embotellada.

## Tratamiento

En Ciudad Universitaria, la captación de agua de lluvia comienza en la cubierta de vidrio de 193 m<sup>2</sup> del edificio de Programas Universitarios de la Coordinación de la Investigación Científica (ubicado a espaldas de la biblioteca de la Facultad de Ciencias). El agua que se precipita sobre esta cubierta es dirigida por gravedad mediante tuberías a un tanque llamado Tlaloque, conformado por dos unidades encargadas de separar los primeros 400 litros de agua de cada aguacero, en los cuales se retiene el mayor grado de contaminantes.

Una vez llenas las dos unidades, el Tlaloque<sup>2</sup> redirige el agua que continúa precipitándose a dos tanques de almacenamiento con capacidad de 30 000 litros cada uno, que cuentan con un reductor de turbulencia, para evitar que el agua se agite y levante sedimentos.

Posteriormente, a través de una válvula, colocada en la superficie interna de cada cisterna, se extrae el agua cuidadosamente para no agitar los tanques y se dirige a dos procesos de filtrado, que permiten retener las partículas contaminantes y potabilizar el agua.

El primer proceso consta de:

- \* un mecanismo de filtrado de sólidos de 90 micrómetros (cuya dimensión aproximada es la mitad del grosor de un cabello).
- \* un filtro de carbón activado con gránulos de alta pureza de cobre y zinc, que reducen

1. El tratamiento de agua hace referencia al conjunto de procesos físicos, químicos, y/o biológicos con la finalidad de eliminar y/o reducir las características no deseables en el agua.

2. Tlaloque, nombre que le dio la empresa diseñadora Isla Urbana, y que hace alusión a los ayudantes de Tláloc (dios de la lluvia), que repartían el agua en vasijas de barro por el mundo.

los contaminantes del agua (cloro, sulfuro de hidrógeno, metales y microorganismos) mediante reacciones de óxido-reducción (intercambio de electrones).

\* un filtro de carbón activado de partículas mayores a 10 micras, en el que se inyecta ozono ( $O_3$ ) para eliminar algas y microorganismos que podrían quedar todavía en el líquido.

El agua tratada resultante se conduce a dos dispensadores: uno situado dentro del edificio de Programas Universitarios para uso del personal que ahí labora, y otro más fuera del mismo, que da servicio a la comunidad, principalmente a estudiantes.

El segundo proceso de filtrado ocurre en cada dispensador, donde se retienen arenillas, lodos y sedimentos mayores a 1 micrómetro a través de:

- un filtro de fibras de 5 micrómetros.
- un filtro de carbón activado de 3 micrómetros.
- un tratamiento con iones de plata que eliminan microorganismos.

Al llenar tu botella de agua en estos dispensadores, puedes dar por hecho, que el Jugo de nube resultante es apto para tu consumo. Recibirás agua sin olor, sabor o color, libre de contaminantes químicos y biológicos (Figura 4).

La calidad del Jugo de nube resultante es monitoreada mensualmente por la Dirección General de Servicios Médicos (DGSM) y PUMAGUA, asegurándose del cumplimiento de los criterios que establece la NOM-127-SSA1-1994 “Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”.

**¡Conócelo!**

## Referencias

- 1 Cram, S., Cotler, H., Morales, L. M., Sommer, I. y Carmo- na, E. (2008). Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos en el paisaje urbano del Distrito Federal. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 6, 81-104. <https://bit.ly/3IFhJd6>
- 2 DOF. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Lí- mites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- 3 Diario Oficial de la Federación. <https://bit.ly/3W0V4uC>. Gaceta UNAM. (2018). El agua de lluvia no sirve para beber. Gaceta UNAM. <https://bit.ly/3QypXp8>
- 4 Granados, D., López, G. F. y Hernández, M. A. (2010). La lluvia ácida y los ecosistemas forestales. Rev. Chapingo ser. cienc. for. ambient, 16(2), 187-206. <https://bit.ly/3X3ZyST>
- 5 Martínez, A. (2007). El agua en la atmósfera. Ciencia, 36- 44 <https://bit.ly/3IANfzx>
- 6 OMM. (2017). Clasificación de las nubes. Organización
- 7 Meteorológica Mundial. <https://bit.ly/3GT5Ley>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2020). Calidad del aire en la Ciudad de México, Informe 2018. Dirección General de Calidad del Aire, Dirección de
- 8 Monitoreo de Calidad del Aire. <https://bit.ly/3xdrAOg>
- USGS. (s.f.). Siga una gota a través del ciclo del agua. Servicio Geológico de Estados Unidos. <https://bit.ly/3it13w3>
- 9 USGS. (s.f.). La lluvia, un recurso valioso. Servicio Geológico de Estados Unidos. <https://bit.ly/3VXD3xt>

## Referencias imágenes:

- \* NASA Climate Kids. (2022). How Do Clouds Form? NASA/ JPL. <https://bit.ly/3CMSx0B>
- \* Sánchez, A. y Cafaggi, A. A. (2020). Manual de Prácticas de hidrobiología. UNAM, Instituto de Ingeniería UNAM, DGAPA. Observatorio Hidrológico. <https://bit.ly/3CL21cO>
- \* Viñas, J. M. (2022). Conocer la Meteorología: Diccionario ilustrado del tiempo y el clima. Alianza editorial. <https://bit.ly/3Xg0GTy>



Figura 4. Sistema de captación de agua de lluvia, Jugo de Nube



# Manufactura de dispositivos de cerámica avanzada

**Karla Karina Gómez Lizárraga**

**María Cristina Piña Barba**

Laboratorio de Biomateriales,

Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510, CDMX, México.

[crispina99@gmail.com](mailto:crispina99@gmail.com)

[karla.gomez@materiales.unam.mx](mailto:karla.gomez@materiales.unam.mx)

## Resumen

La tecnología de manufactura aditiva ofrece la posibilidad de construir objetos con geometrías complejas y con aplicaciones en diferentes sectores (educativo, científico, médico e industrial). No obstante, existe el gran reto de la procesabilidad de materiales inorgánicos, específicamente el de los cerámicos avanzados, puesto que se trata de materiales duros y frágiles con altas temperaturas de fusión y baja ductilidad. Lo anterior dificulta enormemente la fabricación de estructuras compactas y densas mediante las tecnologías de manufactura aditiva. Existe también una baja sinterización del polvo cerámico, derivado de su tamaño de polvo, morfología y fluidez; esto los convierte en un tema de interés científico de actualidad.

## Palabras claves

*cerámico avanzado, manufactura aditiva, sinterización, estructura compacta.*

## Introducción

Las cerámicas representan algunos de los materiales más antiguos hechos por el ser humano. Se trata de arcillas a las que se les da la forma requerida y, una vez conseguido esto, se cuecen a elevadas temperaturas (alcanzables en hornos arcaicos). Las más antiguas conocidas a la fecha provienen del sur de China y datan de hace 20.000 años (Pantić, M., 2021).

Las cerámicas tradicionales hechas a partir de arcillas tienen gran número de aplicaciones. Se utilizan en instrumentos de cocina, para confeccionar objetos de adoración (esculturas de dioses), en los pisos y hasta en las paredes. El barro es un tipo de arcilla, la cual es pasada por un tamiz y remojada por varios días. Esto la convierte en un polvo fino (que sigue utilizándose hasta la fecha en todo el mundo).

Desde el periodo neolítico hasta la actualidad, todas las culturas alrededor del globo han utilizado cerámicas y esto es debido a

sus múltiples aplicaciones. Con el desarrollo de nuevas tecnologías, la cerámica también ha evolucionado y sus aplicaciones se han multiplicado enormemente.

## Clasificación

Como todos los materiales, las cerámicas tienen diferentes clasificaciones (y esto es dependiendo de aquello que más interese a quien las clasifica).

- **Por sus propiedades:** mecánicas, térmicas, eléctricas, magnéticas.
- **Por sus aplicaciones:** culinarias, aeroespaciales, médicas, en la construcción de viviendas.
- **Por sus componentes:** asociadas a metales, materiales orgánicos, materiales inorgánicos.
- **Por su densidad:** porosas, de baja, mediana o alta densidad.



Figura 1. Cabeza griega hecha con cerámica de grano grueso y porosa un gato egipcio hecho de cerámica de grano fino y densa

Gracias al desarrollo tecnológico fue posible obtener polvos cerámicos cada vez más finos, con granos que llegan al orden de nanómetros. Estos son recocidos a altas temperaturas (mayores a 1800° C) una o varias veces. Y es así como surgieron las cerámicas avanzadas. Las porcelanas son cerámicas hechas a partir de polvos de grano muy fino y elevadas temperaturas de cocción.

## Impresión 3D

La tecnología de manufactura aditiva (conocida también como impresión 3D) ha ganado popularidad en la actualidad. Los diferentes tipos de procesamiento para cerámicos incluyen: la impresión de inyección de tinta, estereolitografía, escritura directa de tinta, sinterización selectiva por láser, deposición fundida de cerámica (una versión adaptada de la fabricación de moldeado por fundido), fabricación de objetos laminados e inyección con aglomerante. El fenómeno de adhesión entre las partículas del cerámico puede deberse a diferentes fenómenos, dando lugar a diferentes procesos: a) a la incidencia de calor producida por la luz láser del equipo utilizado, b) al agente aglutinante y su posterior sinterización y c) por fotopolimerización y calentamiento en ausencia de oxígeno (pirólisis). El procesamiento de las cerámicas con este tipo de tecnologías está asociado a la obtención de dos tipos de estructuras, las porosas y las completamente densas. Las estructuras densas (aún en proceso de investigación) son aquellas sin porosidad residual. El primer tipo de estructura está enfocada en la creación de poros de tamaño específico (microporo, mesoporo o macroporo) (Zhang et al., 2022) y con interconectividad entre ellos. Las estructuras porosas tienen aplicaciones en la fabricación de andamios en el campo de la ingeniería de tejidos para regeneración de tejido óseo (Michna et al., 2005), en la fabricación de filtros, soportes catalíticos (Konegger et al., 2015) y en la construcción de objetos donde se requiere de materiales que sean ligeros en peso. Mientras que, por otro lado, las estructuras densas se emplean en la industria aeroespacial.

## Aglutinantes

Una buena alternativa para procesar cerámicos es a partir de materiales compuestos, es decir, una mezcla física de al menos dos componentes. Es el caso de la manufactura aditiva de inyección de aglomerante (Figura 2), en donde una cama de polvo de cerámica se deposita sobre la plataforma de construcción seguida de la adición de un agente aglutinante (generalmente un polímero). Los aglutinantes en líquido de uso común contienen un agente reticulante orgánico, como el polivinil butiral (resina), polivinilos, polisiloxanos, ácido poliacrílico, por mencionar algunos, pero también hay aglutinantes de base acuosa que funcionan como pegamento para mantener juntas a las partículas de cerámica. El proceso se repite de manera consecutiva entre la adición de polvo de cerámica y aglutinante

hasta su terminación. El polímero se elimina por degradación térmica en un tratamiento posterior a la fabricación, y la densificación del objeto se logra por sinterización.

Si se lleva a cabo una revisión bibliográfica con relación a los sistemas de cerámicos y su respectivo aglutinante, no se tiene una significativa información, pues hoy en día, todavía se siguen estudiando las características físicas y químicas que empaten con las características de los diversos tipos de cerámicos. A continuación, en la Tabla 1, se presentan algunos sistemas cerámicos/aglutinante reportados en la literatura.

Esta tecnología fue desarrollada en 1993 por Emanuel Sachs, en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT, por sus siglas en inglés), usando un sistema de un polvo de yeso y, como aglutinante, una solución de glicerina y agua.

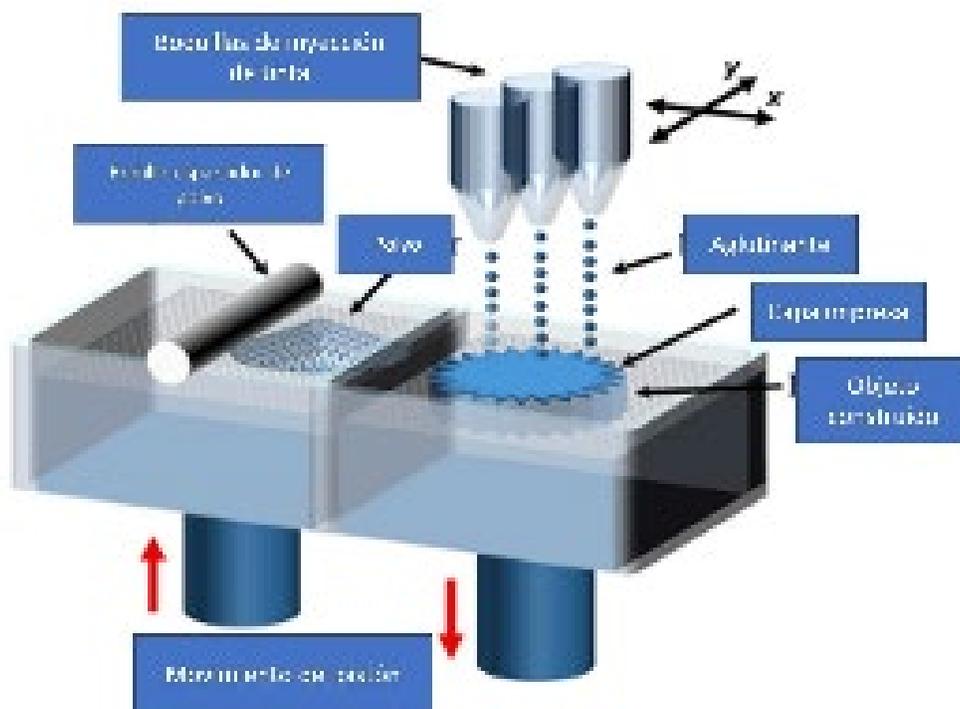


Figura 2. Descripción del funcionamiento de la tecnología de manufactura aditiva de inyección con aglutinante (Zhang et al., 2022)

Cerámico (Polvo)	Aglutinante	Referencia
Mezcla de polvos: silica (50 %p/p) + Feldespato de potasio (25 % p/p) + caolinita (25 %p/p)	Comercial: TB-31N clear binder (MicroJet Technology Co.), a base de dietilenglicol, agua y surfactante	Moghadas, M. et al. (2020)
Alúmina ( $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Comercial: a base de agua, denominado BA-005	Mariani M. et al. (2021)
Mezcla de polvos: Hidroxiapatita y maltodextrina	Aglutinante a base de agua	Suwanprateeb, J. (2008)

Tabla 1. Sistemas existentes de la tecnología de manufactura aditiva de inyección de aglutinante en cerámicos

Algunas de las aplicaciones de las piezas manufacturadas utilizando esta tecnología están dirigidas a la industria electroquímica, dispositivos electrónicos, celdas de combustible de óxido sólido, construcción de hormigón y, en aplicaciones en medicina, para la construcción de andamios a base de cerámicos y sistemas de liberación de fármacos.

Un ejemplo muy significativo en el campo de la medicina es la fabricación de la primera pastilla hecha con manufactura aditiva por inyección aglutinante, denominada *Spritam* (West T.G. and Bradbury, 2018), que logró la aprobación de la Administración de Drogas y Alimentos (FDA, por sus siglas en inglés) en 2015. La pastilla puede liberar Paracetamol de manera dosificada gracias al enriquecimiento del aglutinante con un retardante de liberación (etilcelulosa) y adecuando el espesor de la pastilla para dicho fin. El control de estos permite tener pastillas con un alto porcentaje de porosidad y una desintegración oral rápida.

### Manufactura aditiva de extrusión

Mediante la tecnología de manufactura aditiva de extrusión (Figura 3), es posible procesar cerámicos. Es a partir de un sistema

conformado por una pasta o un compuesto acuoso (denominado *slurry*, en la literatura), un aglutinante orgánico y dispersantes, que es posible obtener una suspensión coloidal con las partículas de cerámica. La función del aglutinante orgánico es dar consistencia a la pasta y permitir su procesabilidad, mientras que el dispersante tiene la función de facilitar la distribución homogénea de las partículas, evitando aglomeraciones que puedan tapar la boquilla por la que sale el material. Una vez más, el polímero es considerado un material de sacrificio, puesto que una vez construido el objeto, este se elimina por acción térmica.

Un nuevo diseño correspondiente al método de extrusión del material fue desarrollado por Ghazanfari A. y colaboradores (2016), denominado método de extrusión de cerámica bajo demanda (CODE, por sus siglas en inglés). Este consiste en mantener al constructo sumergido en aceite, evitando así la evaporación del agua que conforma a la pasta extruida para luego tener un secado controlado del mismo, utilizando radiación infrarroja (Figura 4).

Otra manera de procesar cerámicos mediante este tipo de tecnologías es a través del proceso de pirólisis de polímero me-

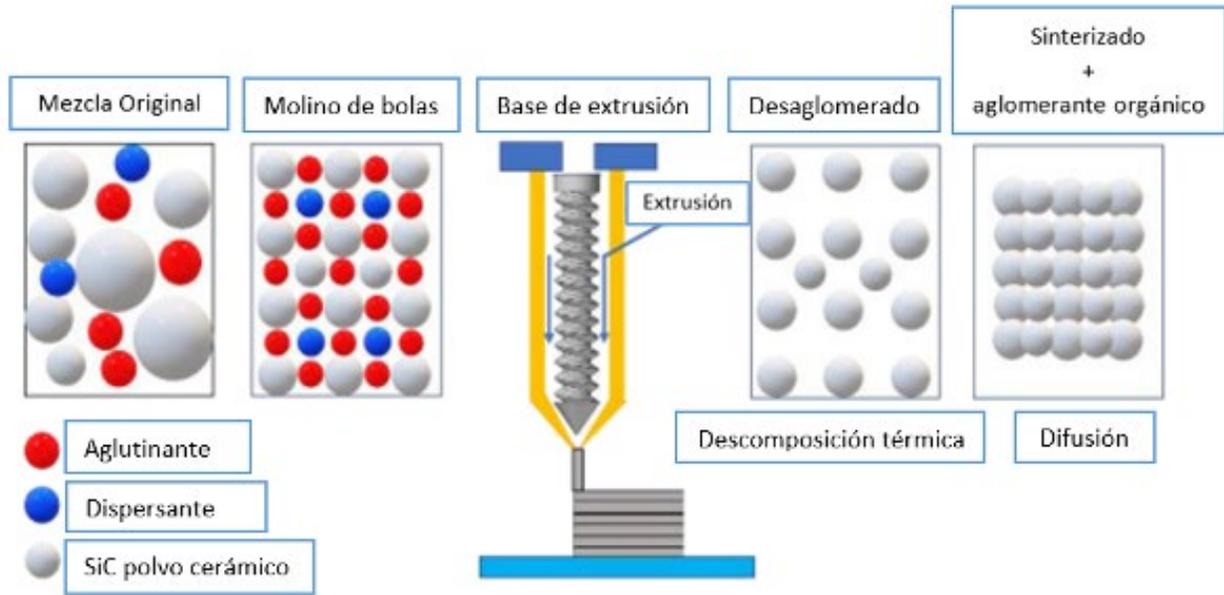


Figura 3. Preparación de Sistema de pastas/slurries de cerámicos, procesabilidad por extrusión y postratamiento por descomposición térmica de los aditivos y densificación por sinterización (Sotov et al., 2022)

dante el Método de Cerámicos Derivados de Polímeros (PDC, por sus siglas en inglés). Se trata de polímeros preparados a partir de monómeros que contienen silicio, tales como compuestos de policarbosilano, polisilazano y polisiloxano. Estos son sometidos a un proceso de degradación térmica a temperaturas mayores a los 1000 °C, en una atmósfera inerte (Rasaki et al., 2021). La tecnología de manufactura

aditiva empleada para este tipo de materiales es la estereolitografía (SLA, por sus siglas en inglés), en donde se emplea luz UV para fotopolimerizar el material con el que se está realizando la construcción del objeto tridimensional.

### Aplicaciones y desafíos

Entre las principales aplicaciones asociadas a los cerámicos avanzados por manufactura

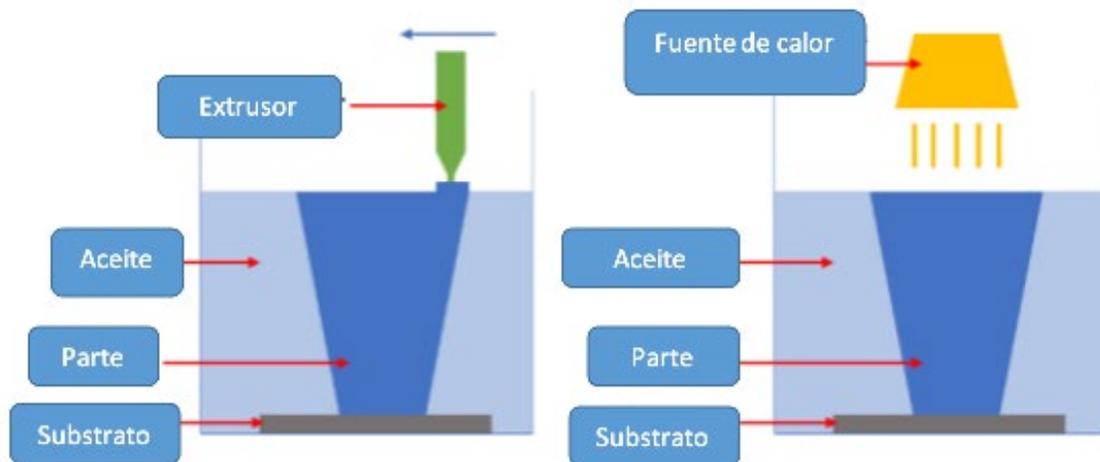


Figura 4. Esquema del proceso CODE (Sotov et al., 2022)

ra aditiva podemos mencionar la construcción de partes para la industria espacial y automotriz (por su resistencia en la relación térmica-peso) y en el área de cuidado de la salud. Esta última incluye la fabricación de prótesis y el diseño de implantes médicos y dentales. En odontología, el salto de las aplicaciones ha sido enorme y hemos podido ver la transición de gente edéntula a gente con dentaduras fijas completas, tal como se ilustra en la Figura 5.

El procesamiento de materiales cerámicos a través de las tecnologías de manufactura aditiva presenta varios retos, como aquél de la naturaleza frágil de los materiales cerámicos o la imperativa necesidad de fabricar objetos densos. No obstante, la factibilidad de crear estructuras tridimensionales porosas la convierte en una tecnología favorable para emplearse en el campo de la ingeniería de tejidos. Puede concluirse que, actualmente, el proceso de extrusión implementado a la tecnología de manufactura aditiva en cerámicos en forma de pastas *slurries* es el más utilizado. Es necesario realizar más estudios de procesabilidad de cerámicos y de los correspondientes aditivos que permitan su manipulación para diversas aplicaciones.



Figura 5. Se muestra una persona con dentadura completa fija, hecha de zirconia, obtenida por técnicas de manufactura aditiva

## Referencias

- 1 Ghazanfari, A., Li, W., Leu, M. C., & Hilmas, G. E. (2016). A novel extrusion-based additive manufacturing process for ceramic parts. *Solid Freeform Fabrication 2016: Proceedings of the 27th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium - An Additive Manufacturing Conference*, SFF 2016, 1509–1529.
- 2 Holland, S., Foster, T., MacNaughtan, W., & Tuck, C. (2018). Design and characterisation of food grade powders and inks for microstructure control using 3D printing. *Journal of Food Engineering*, 220, 12–19. doi:10.1016/j.jfoodeng.2017.06.008
- 3 Konegger, T., Williams, L. F., & Bordia, R. K. (2015). Planar, Polysilazane-Derived Porous Ceramic Supports for Membrane and Catalysis Applications. *Journal of the American Ceramic Society*, 98(10), 3047–3053. <https://doi.org/10.1111/jace.13758>
- 4 Mariani, M., Beltrami, R., Brusa, P., Galassi, C., Ardito, R., & Lecis, N. (2021). 3D printing of fine alumina powders by binder jetting. *Journal of the European Ceramic Society*, 41(10), 5307–5315. doi:10.1016/j.jeurceramsoc.2021.04.006
- 5 Michna, S., Wu, W., & Lewis, J. A. (2005). Concentrated hydroxyapatite inks for direct-write assembly of 3-D periodic scaffolds. *Biomaterials*, 26(28), 5632–5639. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2005.02.040>
- 6 Moghadasi, M., Du, W., Li, M., Pei, Z., & Ma, C. (2020). Ceramic binder jetting additive manufacturing: Effects of particle size on feedstock powder and final part properties. *Ceramics International*. doi:10.1016/j.ceramint.2020.03.280
- 7 Pantić, M. (2021). Advanced Dental Ceramics. *Encyclopedia of Materials: Composites*, Elsevier, 366–377. doi.org/10.1016/B978-0-12-819724-0.00072-0.
- 8 Rasaki, S. A., Xiong, D., Xiong, S., Su, F., Idrees, M., & Chen, Z. (2021). Photopolymerization-based additive manufacturing of ceramics: A systematic review. *Journal of Advanced Ceramics*, 10(3), 442–471. <https://doi.org/10.1007/s40145-021-0468-z>
- 9 Sotov, A., Kantyukov, A., Popovich, A., & Sufiiarov, V. (2022). A Review on Additive Manufacturing of Functional Gradient Piezoceramic. *Micromachines*, 13(7), 1–12. <https://doi.org/10.3390/mi13071129>
- 10 Suwanprateeb, J., Sanngam, R., & Suwanpreuk, W. (2008). Fabrication of bioactive hydroxyapatite/bis-GMA based composite via three dimensional printing. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 19(7), 2637–2645. doi:10.1007/s10856-007-3362-5
- 11 West, T. G., & Bradbury, T. J. (2018). 3D Printing: A Case of ZipDose® Technology - World's First 3D Printing Platform to Obtain FDA Approval for a Pharmaceutical Product. *3D and 4D Printing in Biomedical Applications*, 53–79. doi:10.1002/9783527813704.ch3
- 12 Zhang, F., Li, Z., Xu, M., Wang, S., Li, N., & Yang, J. (2022). A review of 3D printed porous ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 42(8), 3351–3373. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2022.02.039>



# Dispositivos de almacenamiento y generación de energía eléctrica basados en materiales cerámicos avanzados

Emilio Pradal Velázquez<sup>1</sup>, Armando Reyes Montero<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Química, UNAM

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM

[epradalv@quimica.unam.mx](mailto:epradalv@quimica.unam.mx)

En la actualidad, contar con un suministro confiable de energía resulta indispensable para el desarrollo de la sociedad. La Organización de las Naciones Unidas (ONU), entre sus objetivos de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, ha planteado la necesidad de asegurar el acceso universal a energía asequible, segura y sustentable. Satisfacer este objetivo requiere la implementación de redes eléctricas con un portafolio amplio de fuentes de energías limpias que a su vez evitaría la dependencia de una sola fuente de energía, lo cual es un problema estratégico para cualquier nación. Para atender las necesidades de generación y almacenamiento de electricidad es fundamental el desarrollo de nuevas tecnologías y la mejora de aquellas existentes. Los materiales cerámicos son materiales inorgánicos no metálicos que la humanidad ha aprovechado desde hace siglos, principalmente porque son durables. Desde el siglo pasado, el avance de la ciencia ha permitido el desarrollo de estos con

propiedades funcionales (como: eléctricas, magnéticas, ópticas), las cuales pueden modificarse para adaptarlos a aplicaciones específicas. Estos materiales son candidatos óptimos para la fabricación de dispositivos apropiados que permitan contribuir a la solución del problema energético. En este artículo se presentan algunos dispositivos usados o propuestos para la producción o el almacenamiento de energía que dependen de las propiedades fisicoquímicas de los materiales cerámicos avanzados.

Almacenar energía a gran escala y con alta eficiencia (es decir, que se recupere la mayor parte de la energía almacenada) es fundamental para la transición hacia un nuevo sistema energético, donde se promueve una flexibilidad entre la producción de energía renovable y su distribución, garantizando así que esta última esté de acuerdo con la demanda. Además, introducir dispositivos de almacenamiento a la red eléctrica facilita el uso de voltajes y frecuencias dentro de intervalos óptimos<sup>[1]</sup>

permitiendo la incorporación de energía de fuentes intermitentes como la eólica y solar<sup>[2]</sup>. Por lo tanto, en una época donde la sociedad se encuentra en plena transición de las energías fósiles hacia las fuentes renovables, resulta trascendental respaldar el uso estas nuevas tecnologías a fin de generar sistemas energéticos equilibrados y que además contribuyan con la conservación del medio ambiente.

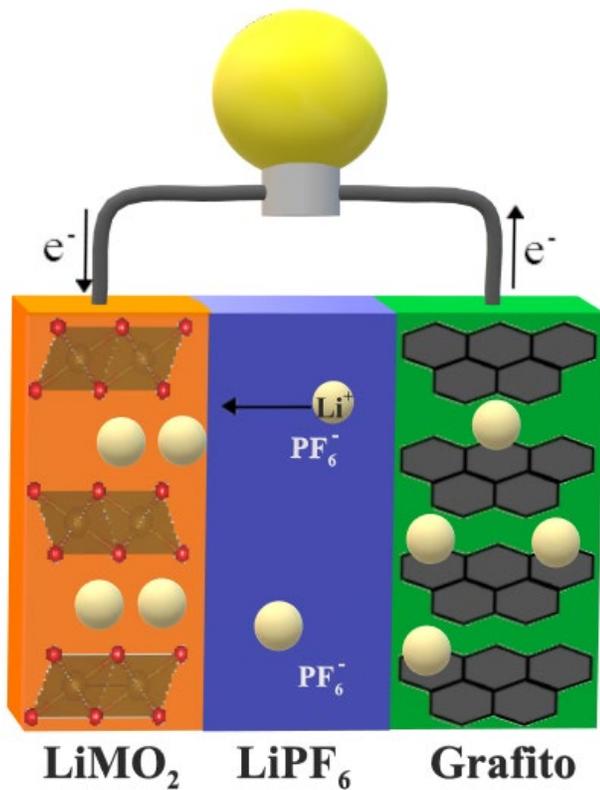


Figura 1. Esquema general de una batería de litio.

Entre las tecnologías de almacenamiento con gran densidad energética (la cantidad de energía que se puede almacenar por unidad de volumen o masa del dispositivo), la de las baterías de litio probablemente sea la más conocida. Una batería de litio se construye como un “sandwich” (Figura 1), con un electrolito (una fase por la que pueden migrar los iones de litio, pero no los electrones) contenido entre

dos electrodos distintos, los cuales tienen la capacidad de intercalar litio en su estructura<sup>[3]</sup>. Durante la descarga, el litio se oxida en el ánodo, cediendo electrones al circuito externo y pasando como iones litio al electrolito; los iones litio viajan a través del electrolito hasta el cátodo donde se intercalan acompañados de los electrones que provienen del circuito externo y causan la reducción del material del cátodo para balancear la carga de los iones litio. Actualmente, son óxidos cerámicos, como el  $Li(Mn,Ni)O_2$ ,  $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ ,  $LiFePO_4$ , los que se utilizan como materiales para el diseño del cátodo<sup>[4]</sup>. En la mayoría de las baterías comerciales de litio el ánodo es de grafito, pero también se pueden usar algunos cerámicos como  $Li_4Ti_5O_{12}$ , que ofrecen un intervalo más amplio de temperatura de operación y son más seguros<sup>[5,6]</sup>. Finalmente está el electrolito, que suele ser una disolución de sales de litio en disolventes orgánicos inflamables. Existen algunos problemas de seguridad reportados con estos dispositivos vinculados con la inflamabilidad del electrolito, por lo que se han realizado distintas investigaciones en donde se propone el uso de un electrolito sólido. Algunas de estas propuestas son materiales cerámicos como  $Li_3ClO$ ,  $Li_{1+x}Al_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ ,  $Li_{10}GeP_2S_{12}$ ,  $Li_{7-3x}Ga_xLa_3Zr_2O_{12}$ , que se analizan, a detalle, tanto en la academia como en la industria, principalmente para autos eléctricos, donde por la escala y el riesgo de choques es altamente deseable eliminar los electrolitos inflamables<sup>[7]</sup>. Resulta importante señalar que existe una preocupación latente sobre la disponibilidad del litio, ya que este no es un elemento abundante en la corteza terrestre. Sin embargo, aprovechando comportamientos y propiedades similares en la química del sodio, se han construido sistemas que ope-

ran bajo los mismos principios<sup>[8,9]</sup>. Naturalmente, es razonable esperar que la mejor densidad energética se mantenga en las baterías de litio (por la diferencia de masa atómica), aunque las de sodio pueden ser más baratas aprovechando la gran abundancia de este elemento. Esto permitiría su uso para el almacenamiento de energía a gran escala en redes eléctricas. Hoy en día, una tecnología barata y eficiente de almacenamiento (a gran escala) que ya se ha aplicado con buenos resultados son las baterías de sodio-azufre que consisten en un electrolito sólido de  $\beta$ -alúmina ( $\text{NaAl}_{11}\text{O}_{17}$ ) separando masas fundidas de azufre y sodio metálico (operan a  $\sim 300^\circ\text{C}$ ). El sodio puede oxidarse, cediendo electrones al circuito externo y viajando a través del electrolito sólido como iones sodio para formar sulfuros de sodio en el cátodo<sup>[10]</sup>. Otra de las tecnologías maduras para el almacenamiento de energía son los capacitores electrostáticos. Estos sistemas pue-

den responder de forma casi instantánea, haciéndolos indispensables en aplicaciones que requieren disponer de energía rápidamente (por ejemplo, en los carros eléctricos al acelerar)<sup>[11,12]</sup>. Los capacitores electrostáticos almacenan energía mediante la polarización de un material eléctricamente aislante (dieléctrico), el cual se encuentra localizado entre placas metálicas como se presenta en el esquema de la Figura 2. La polarización de estos materiales se produce debido a la deformación de las nubes electrónicas y a cortos desplazamientos de los iones respecto a sus posiciones de equilibrio, como respuesta a la acción de un campo eléctrico externo. El desplazamiento de estos iones permite almacenar mayores cantidades de energía que la deformación de nubes electrónicas, particularmente en sistemas donde hay un dipolo permanente que puede cambiar de dirección bajo un campo eléctrico fuerte (ferroeléctricos, ferrieléctricos y antiferroeléctricos). En al-

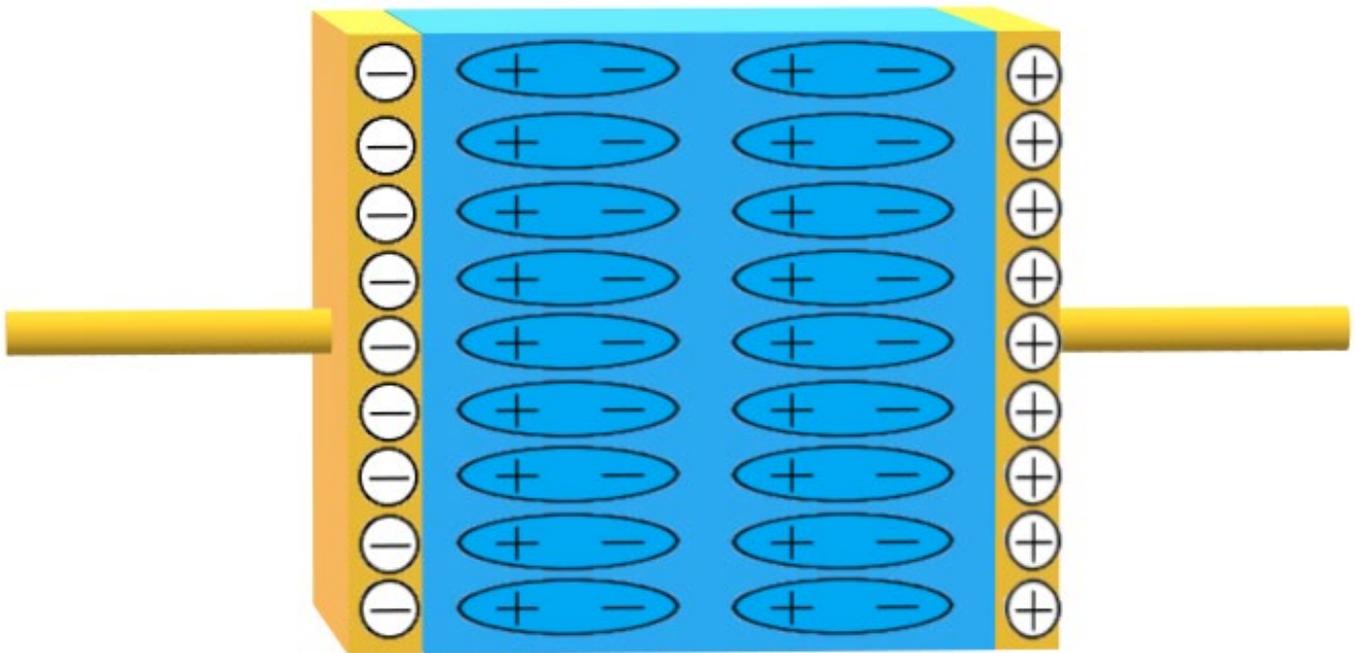


Figura 2. Representación de un capacitor y la polarización que ocurre en el dieléctrico.

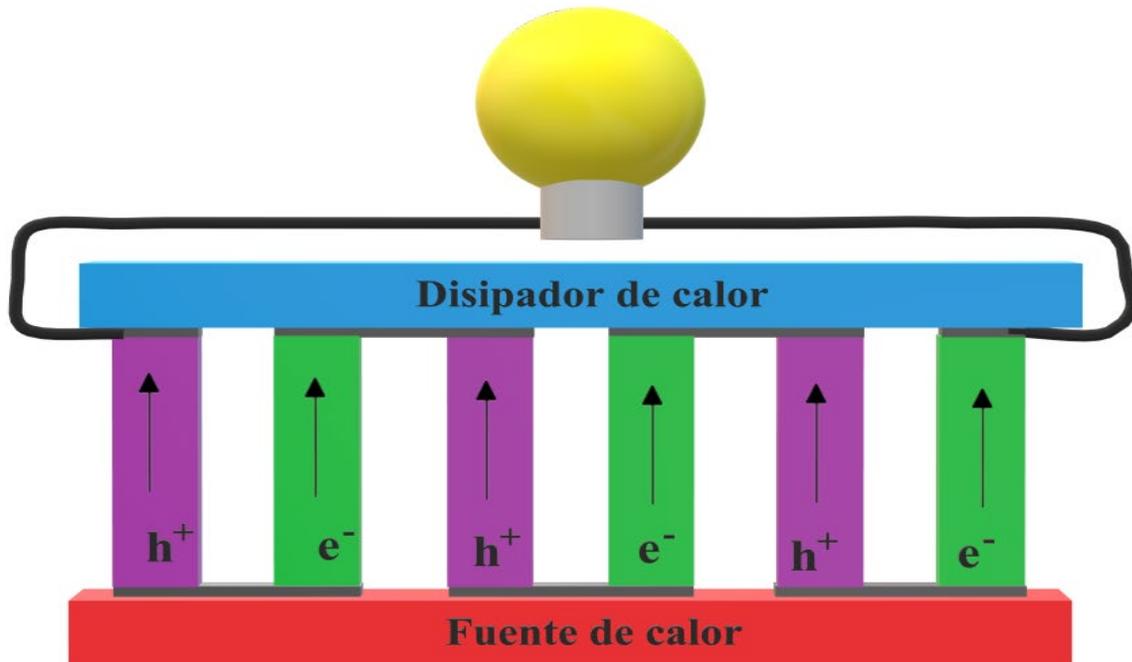


Figura 3. Esquema básico de un generador termoeléctrico.

gunos materiales cerámicos, donde hay iones con un desplazamiento permanente con respecto al centro geométrico de su poliedro de coordinación, la polarizabilidad es muy elevada, alcanzando a ser dos o tres órdenes de magnitud superior a la de dieléctricos ordinarios. Actualmente, se utilizan materiales con plomo basados en la estructura tipo perovskita ya que suelen tener permitividades eléctricas muy elevadas, además de ser baratos, por ejemplo:  $PbTiO_3$ ,  $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$  y  $(Pb,La)(Zr,Ti)O_3$  [13,14]. Estos materiales cerámicos comúnmente se utilizan como capacitores multicapas, en los que varias capas muy delgadas del material se apilan una sobre otra para aumentar la eficiencia volumétrica del dispositivo.

A medida que la tecnología avanza es cada vez más notorio el uso de componentes diminutos que cumplen funciones sencillas, como el realizar mediciones y enviar información. Mientras más comunes se vuelven estos para su uso en dispositivos electró-

nicos, es más deseable que no requieran cambios o recarga de batería, especialmente si se encuentran en sitios remotos o de difícil acceso. Es en esta parte donde, para mejorarlos, se plantea la posibilidad de sustituir a las baterías por dispositivos que puedan generar la energía necesaria *in situ* [15].

Los recolectores piezoeléctricos son una tecnología capaz de convertir en energía eléctrica las vibraciones de máquinas, de medios de transporte, del movimiento de una persona o de vibraciones en el medio ambiente, por ejemplo. Un material piezoeléctrico es capaz de generar un voltaje al momento de deformarse (efecto directo) o este puede resonar (vibrar) si se somete a un campo eléctrico externo (efecto inverso) [16]. Existen polímeros piezoeléctricos capaces de tolerar deformaciones muy grandes, aunque la respuesta piezoeléctrica obtenida es baja. Por otro lado, también hay cerámicos piezoeléctricos, en los que la magnitud del efecto puede ser muy gran-

de, pero al ser rígidos y frágiles no pueden someterse a grandes deformaciones [17]. A la fecha, las mejores propiedades piezoeléctricas se han observado en sistemas basados en plomo, aunque por ser sumamente frágil y liberar PbO durante su procesamiento, se investigan y trabajan otras alternativas como sistemas basados en  $\text{BaTiO}_3$ ,  $(\text{K,Na})\text{NbO}_3$  y  $\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3$ . Finalmente, al momento de generar el dispositivo que sirva como recolector, tanto el tamaño como su masa determinarán su frecuencia de resonancia, a la cual es posible obtener la mayor cantidad de energía [18].

Por otro lado, también es posible recolectar la energía térmica para alimentar dispositivos de bajo consumo o aprovechar el calor que se genera en motores o procesos industriales y que usualmente se disipa hacia el medio ambiente. Esto puede lograrse de varias formas; una es la que involucra a los materiales cerámicos termoeléctricos, los cuales son característicos por ser aplicables a varias escalas, además de no generar ruido y ser de fácil mantenimiento al no tener partes móviles [19]. Un generador termoeléctrico está basado en el efecto Seebeck: generar una corriente eléctrica al someterse a una diferencia de temperatura entre dos lados del dispositivo. El generador termoeléctrico, esquematizado en la Figura 3, consiste en varias “piernas” conectadas en serie de dos materiales distintos, un conductor de electrones y un conductor de huecos electrónicos, de forma alternada. En ambos materiales los acarreadores de carga migran del lado caliente al lado frío, estableciéndose una corriente eléctrica. Los materiales con los que se construyen estos dispositivos requieren un coeficiente Seebeck elevado (determina la magnitud de la respuesta eléctrica a la diferencia de temperatura), además de una elevada

conductividad eléctrica y una baja conductividad térmica [20]. Al estar intrínsecamente relacionados el coeficiente Seebeck, la conductividad eléctrica y la conductividad térmica, el desarrollo de materiales termoeléctricos se vuelve un reto importante para la ciencia de materiales, requiriendo procesos cuidadosamente diseñados para obtener una microestructura controlada; característica que permite adaptar las propiedades finales del material. Hoy en día, existen dos grupos de materiales: los óxidos (por ejemplo:  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ ,  $\text{CaMnO}_3$  y  $\text{SrTiO}_3$ ) y los calcogenuros (sulfuros, selenuros y telurios). Los segundos, como  $\text{CoSb}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{PbTe}$  y  $\text{Cu}_2(\text{S,Se})$  tienden a exhibir propiedades superiores, pero son más caros y no soportan temperaturas tan altas como los óxidos. El operar los dispositivos a temperaturas más elevadas es altamente deseable para obtener una mayor eficiencia y poder tener una mayor diferencia de temperatura, resultando en una mayor cantidad de energía recolectada, lo cual genera un creciente interés en los óxidos [21,22].

Una tecnología que puede cobrar gran relevancia en la transición de combustibles fósiles a energías limpias son las celdas de combustible de óxidos sólidos o SOFC, por sus siglas en inglés. Las SOFC consisten en dos electrodos separados por un electrolito sólido. Los materiales para el electrolito y el cátodo son óxidos cerámicos, mientras que el material para el ánodo puede ser un óxido cerámico o un “cermet” (un material compuesto por una fina mezcla de un cerámico y un metal) del material del electrolito y un metal como níquel que catalice la oxidación del combustible [23]. Durante el funcionamiento de la celda de combustible, el oxígeno en contacto con el cátodo se reduce al recibir electrones del circuito externo y se incorpora al electrolito.

Los iones óxido, por su parte, migran a través del electrolito hasta el ánodo donde se combinan con el combustible que se oxida al ceder electrones al circuito externo. Para que el dispositivo tenga una conductividad suficientemente elevada (principalmente está limitada por la conductividad iónica del electrolito) se debe operar a temperaturas elevadas ( $> 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). El operar a una temperatura elevada le confiere alta eficiencia (pueden fácilmente alcanzar más del 60 %) al dispositivo y, en combinación con el hecho de que el electrolito transporta iones óxido, le otorga una gran versatilidad respecto al combustible que puede utilizar: desde hidrocarburos hasta hidrógeno (que no requiere ser de alta pureza) pasando por alcoholes, biodiésel o amoníaco <sup>[24,25]</sup>. Las SOFC se apilan en serie para construir conjuntos capaces de generar mayor potencia. Estos pueden ensamblarse en conjuntos con suficiente potencia para cubrir las necesidades de electricidad de una casa o lo suficientemente grande para alimentar una colonia completa. Las SOFC comerciales están basadas en  $\text{Zr}_{0.92}\text{Y}_{0.08}\text{O}_{1.96}$  como electrolito que opera a temperaturas superiores a  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por ello, hay considerable interés en el desarrollo de materiales alternativos con mayor conductividad iónica a temperaturas menores. Las alternativas establecidas más notables se basan en galato de lantano u óxido de cerio, ambos casos están basados en tierras raras, cuya extracción y purificación genera un fuerte impacto ambiental <sup>[26]</sup>. Otra alternativa posible se basa en  $\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3$ , un material inusualmente versátil que con pequeños cambios de composición puede variar entre un aislante eléctrico y un excelente conductor de iones óxido, pasando por ser un conductor mixto de electrones y iones óxido <sup>[27]</sup>. Este material, también, es uno de los candidatos

para sustituir a las perovskitas con plomo como piezoeléctrico, tal y como se han investigado sus propiedades estructurales y morfológicas, buscando desarrollar tanto conductores de iones óxido como piezoeléctricos y dieléctricos <sup>[28-31]</sup>.

Las SOFC presentan la ventaja de poderse instalar con facilidad en casi cualquier sitio y cerca de donde se requiere la energía, disminuyendo las pérdidas por transmisión. Aunado a esto, es importante señalar que el mismo dispositivo puede utilizarse como celda de electrólisis, por lo que podrían emplearse para almacenar energía obtenida de fuentes como fusión nuclear, energía eólica o solar en forma de hidrógeno al electrolizar vapor de agua. Adicionalmente, las SOFC pueden electrolizar una mezcla de dióxido de carbono y vapor de agua a una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno llamada “gas de síntesis”, el cual puede someterse al proceso Fischer-Tropsch para obtener hidrocarburos <sup>[32]</sup>; esto significa que las SOFC pueden incorporarse a esquemas de utilización de  $\text{CO}_2$ .

## Conclusión

El desarrollo de nuevos materiales siempre ha sido un tema central para el impulso de nuevas tecnologías y continuar mejorando las ya establecidas. Al incluir esta nueva tendencia, las tecnologías que pueden ayudarnos a atender la urgente problemática energética podrán volverse comercialmente atractivas para la industria. Mas aún, como hemos mostrado en este artículo, existe una variedad notable de dispositivos de generación o almacenamiento de energía eléctrica que dependen de materiales cerámicos avanzados.

## Referencias

- 1 S. Koohi-Fayegh y M. A. Rosen. A review of energy storage types, applications, and recent developments. *Journal of Energy Storage* 27 (2020), 101047.
- 2 J. B. Goodenough. Energy storage materials: A perspective. *Energy storage materials*. 1 (2015), 158.
- 3 A. Manthiram. An Outlook on Lithium Ion Battery Technology. *ACS Cent. Sci.*, 3 (2017), 1063.
- 4 S. G. Booth et al. Perspectives for next generation lithium-ion battery cathode materials. *APL Mater.* 9 (2021), 109201.
- 5 B. Zhao et al. A comprehensive review of Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>-based electrodes for lithium-ion batteries: The latest advancements and future perspectives. *Mater. Sci. Eng. R Rep.*, 98 (2015), 1.
- 6 M. M. Thackeray y K. Amine. Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> spinel anodes. *Nat. Energy.*, 6 (2021), 683.
- 7 S. Xia et al. Practical Challenges and Future Perspectives of All-Solid-State Lithium-Metal Batteries, *Chem*, 5 (2019), 753.
- 8 K. Chayambuka et al. Sodium-Ion Battery Materials and Electrochemical Properties Reviewed. *Adv. Energy Mater.* 8 (2018), 1800079.
- 9 J. M. Lee et al. Recent Advances in Developing Hybrid Materials for Sodium-Ion Battery Anodes. *ACS Energy Lett.* 5 (2020), 1939.
- 10 T. Oshima, M. Kajita y A. Okuno. Development of Sodium-Sulfur Batteries. *Int. J. Appl. Ceram. Technol.*, 1 (2004), 269.
- 11 P. J. Hall y E. J. Bain. Energy-storage technologies and electricity generation. *Energy Policy*, 36 (2008), 4352.
- 12 D. Li et al. Progress and perspectives in dielectric energy storage ceramics. *J. Adv. Ceram.*, 10 (2021), 675.
- 13 K. Zou et al. Recent advances in lead-free dielectric materials for energy storage. *Mater. Res. Bull.*, 113 (2019), 190.
- 14 H. Zhang et al. A review on the development of lead-free ferroelectric energy-storage ceramics and multilayer capacitors. *J. Mater. Chem. C*, 8 (2020), 16648.
- 15 F. Narita and M. Fox, A Review on Piezoelectric, Magnetostrictive, and Magnetoelectric Materials and Device Technologies for Energy Harvesting Applications. *Adv. Eng. Mater.*, 20 (2018), 1700743.
- 16 M. Safei, H. A. Sodano, S. R. Anton. A review of energy harvesting using piezoelectric materials: state-of-the-art a decade later (2008–2018). *Smart Mater. Struct.*, 28 (2019), 113001.
- 17 N. Sezer y M. Koç, A comprehensive review on the state-of-the-art of piezoelectric energy harvesting. *Nano Energy*, 80 (2021), 105567.
- 18 H. C. Song et al. Piezoelectric Energy Harvesting Design Principles for Materials and Structures: Material Figure-of-Merit and Self-Resonance Tuning. *Adv. Mater.*, 32 (2020), 2002208.
- 19 Y. Zheng et al. Defect engineering in thermoelectric materials: what have we learned? *Chem. Soc. Rev.*, 50 (2021), 9022.
- 20 X. L. Shi, J. Zou, Z. G. Chen. Advanced Thermoelectric Design: From Materials and Structures to Devices, *Chem. Rev.*, 120 (2020), 7399.
- 21 K. Koumoto et al. Thermoelectric Ceramics for Energy Harvesting, *J. Am. Ceram. Soc.*, 96 (2013), 1.
- 22 W. D. Liu et al. Promising and Eco-Friendly Cu<sub>2</sub>X-Based Thermoelectric Materials: Progress and Applications, *Adv. Mater.* 32 (2020), 1905703.
- 23 T. A. Adams et al. Energy Conversion with Solid Oxide Fuel Cell Systems: A Review of Concepts and Outlooks for the Short- and Long-Term. *Ind. Eng. Chem. Res.* 52 (2013), 3089.
- 24 J. J. Alvarado Flores et al. Advances in the development of titanates for anodes in SOFC. *Int. J. Hydrog.* 44 (2019), 12529.
- 25 Z. Wan et al. Ammonia as an effective hydrogen carrier and a clean fuel for solid oxide fuel cells. *Energy Convers. Manag.* 228 (2021), 113729.
- 26 X. Yin et al. The potential environmental risks associated with the development of rare earth element production in Canada. *Environ. Rev.* 29 (2021), 354.
- 27 F. Yang et al. Defect chemistry and electrical properties of sodium bismuth titanate perovskite. *J. Mater. Chem. A*, 6 (2018), 5243.
- 28 L. Pardo et al. Ecological, lead-free ferroelectrics. Capítulo en *Magnetic, Ferroelectric, and Multiferroic Metal Oxides*. Elsevier. (2018).
- 29 E. Pradal-Velázquez. Structure-property relations in Sodium-Bismuth Titanate related materials. Tesis de doctorado. The University of Sheffield. (2019).
- 30 F. Yang et al. From insulator to oxide-ion conductor by a synergistic effect from defect chemistry and microstructure: acceptor-doped Bi-excess sodium bismuth titanate Na<sub>0.5</sub>Bi<sub>0.5</sub>TiO<sub>3</sub>. *J. Mater. Chem. A*, 8 (2020), 25120.
- 31 F. Yang et al. Dramatic impact of the TiO<sub>2</sub> polymorph on the electrical properties of 'stoichiometric' Na<sub>0.5</sub>Bi<sub>0.5</sub>TiO<sub>3</sub> ceramics prepared by solid-state reaction. *J. Mater. Chem. A*, 10 (2022), 891.
- 32 M. A. Laguna-Bercero. Recent advances in high temperature electrolysis using solid oxide fuel cells: A review. *J. Power Sources*. 203 (2012), 4.



# La ciudad universitaria y sus paradigmas

**Dolores Martínez Orralde**

Dirección General de Patrimonio Artístico Inmueble-INBAL  
Paseo de la Reforma y Campo Marte sin número,  
módulo A, piso 1, colonia  
Chapultepec Polanco, alcaldía Miguel Hidalgo, C.P. 11560  
[dmartinez@inba.gob.mx](mailto:dmartinez@inba.gob.mx)

## *La UNAM celebra 15 años de su inscripción en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO*

El 28 de junio de 2022 se conmemoró el 15° aniversario de la declaración del campus central de la máxima casa de estudios, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO. Y es precisamente la interpretación de la humanidad la que ha estado repleta de paradigmas que la vuelven cambiante; y nuestra universidad no es la excepción en el proceso evolutivo del país.

El 21 de septiembre de 1551 se expidió la cédula de creación de la Real y Pontificia Universidad de México, la primera en América. Casi cuatro siglos después, el 22 de septiembre de 1910, Justo Sierra refundó la Universidad al pugnar por una institución laica, abierta a la ciencia y a las humanidades con un sentido de percepción total a cualquier doctrina e ideología, y dar cabida a toda la juventud de la nación mexicana. Años después vinieron tiempos disruptivos

y revolucionarios que alteraron el orden y dieron pie a nuevos ciclos históricos: la consolidación de una nueva temporalidad y la crítica, que exigía un cambio acelerado hacia la modernidad acorde a las circunstancias de la novedosa institucionalidad que el país y su gente vivía.

Bajo este paradigma de la consolidación del nuevo Estado mexicano, el 10 de julio de 1929 se promulgó la ley orgánica de la UNAM con la cual alcanzó su autonomía, iniciando de esta forma el proceso para llevar a cabo sus tareas sustantivas y atender las crecientes necesidades de educación superior y fomento a la cultura que el México posrevolucionario requería.

Para la década de los años cuarenta, “cuando el caballo y los caciques pasaron a convertirse en piezas de museo”, el país comenzó a sumergirse en un cosmopolitismo ineludible; y con un segundo aire nacionalista, sobrellevó los embates capitalistas que

se consolidaban en el mundo occidental. En lo que respecta a la UNAM, el inevitable crecimiento de la ciudad urgió a las autoridades a construir una nueva sede acorde a las necesidades y a los “tiempos modernos”. Aquellos edificios del Centro Histórico que albergaban la Escuela Nacional Preparatoria y las escuelas nacionales de Medicina, Jurisprudencia, Ingeniería, la sección de Arquitectura de la Escuela Nacional de Bellas Artes eran insuficientes para la población estudiantil.

Aunque la idea de construirla llevaba algún tiempo, fue hasta mediados de los años cuarenta cuando el proyecto maduró y se hizo realidad. De hecho, una primera propuesta gubernamental sugería que se construyera en la parte alta de las Lomas de Sotelo, y de la colonia Polanco; sin embargo, ese planteamiento se descartó.

Entre 1943 y 1946, se formó la Comisión Técnica Directora para conseguir recursos (10 millones de pesos), y se adquirieron los

terrenos en una parte de la zona del pedregal (2 millones de metros cuadrados, de un total de 7). Posteriormente, el congreso expidió la Ley sobre la Fundación y Construcción de CU; y para abril de 1946 quedó instalada la Comisión Constructora de la Ciudad Universitaria.

En 1949 se oficializó el nombramiento de los arquitectos Mario Pani y Enrique del Moral como directores del proyecto ejecutivo, quienes seleccionarían y formarían grupos para encargarse de la proyección de las escuelas que compondrían el campus. Una crónica periódica señaló: “Nunca se había conjuntado en una obra tan grande a tantos arquitectos e ingenieros; llegaron a 70 los proyectistas, fueron más de 200 los residentes, contratistas y supervisores, y 10 000 los obreros, en tres turnos, quienes trabajaron en la mega obra”. Se nombró al arquitecto Carlos Lazo y a Carlos Novoa como gerente general de obras y presidente del patronato, respectivamente.

Los trabajos de construcción iniciaron en 1948 (drenajes, túneles y puentes), y formalmente se colocó la primera piedra en junio de 1950, en el que sería el primer edificio universitario, la Torre de ciencias. La ceremonia estuvo encabezada por el rector Luis Garrido y el secretario de Gobernación.

Para conseguir la unidad y armonía del recinto, de acuerdo con el proyecto ejecutivo, se limpió el inmenso terreno, se definió la ubicación de



cada edificio y se inició la construcción. Lazo y los directores del proyecto se ciñeron al uso de los materiales estructurales libres de concreto; de la piedra volcánica, que se extraería de las excavaciones para escalinatas y paredones; el Vitrobloc hueco azul y café, y la manguetería tubular de lámina doblada. Esta metodología otorgó la tan ansiada unidad al conjunto que sería, como lo señaló el propio Lazo, “a prueba de estudiantes”.

Para lograr la multiplicidad de funciones, el conjunto se concibió de acuerdo con los postulados de la Integración Plástica, una doctrina desarrollada durante el segundo tercio del siglo XX, la cual tuvo su mayor auge en México durante la década de 1950, al crear obras públicas como la pintura, escultura y arquitectura para articular obras integrales y coherentes. En la Universidad se reunió la arquitectura moderna, realizada con materiales industriales, con un arte que pugnaba por ser auténticamente mexicano, inteligible para el pueblo y apoyado en la inspiración y reinterpretación contemporánea de las culturas prehispánicas. Por ello, este conjunto arquitectónico es uno de los ejemplos construidos desde los postulados de esta corriente artística y, sin duda, uno de los más contundentes. Finalmente, el 20 de noviembre de 1952 se inauguró la Ciudad Universitaria, la mayor obra de infraestructura escolar que satisfacía uno de los tres programas de largo aliento que los gobiernos posrevolucionarios promovieron para reconstruir el país: hospitales, viviendas y escuelas.

Desde el inicio, el proyecto contempló la unidad arquitectónica y la pedagógica, al dividir el espacio en zonas escolares, habitaciones para estudiantes y profesores, espacios deportivos, áreas comunes, artísticas, áreas verdes y, con fines didácticos,

se incluyó un museo de arte. Se determinó que el conjunto se proyectara para alojar un máximo de 25 mil alumnos, ya que en esa fecha la UNAM contaba con menos de 15 mil. Así, el 22 de marzo de 1954 se dio formalmente el banderazo para el inicio del primer ciclo escolar.

La decoración artística de la biblioteca central de Juan O ‘Gorman o “códice de piedra”, como se le conoce, y el estadio olímpico de Augusto Pérez Palacios, con la integración de la obra de Diego Rivera, atrajo la atención de dos arquitectos reconocidos: Walter Gropius y Frank Lloyd Wright, quienes visitaron el complejo universitario para contemplar las elogiosas estructuras, entre las que también se incluyen el pabellón de tayos cósmicos de Félix Candela en colaboración con Jorge González Reyna, –una bóveda que funcionó como laboratorio de medición de rayos cósmicos–; el edificio de la rectoría de los arquitectos Mario Pani y Enrique Del Moral, que destaca con su presencia la entrada al campus; el edificio de medicina de Roberto Álvarez y Pedro Ramírez Vázquez. A la lista también se suman los edificios de ingeniería, arquitectura, filosofía, derecho economía, los espacios deportivos, etcétera.

En su construcción participaron los más destacados grupos de arquitectos, ingenieros y artistas, quienes plasmaron su talento para dejar una huella inmanente en una de las obras cumbre de la arquitectura mexicana contemporánea: José Villagrán, Francisco Serrano, Alberto T. Arai, Enrique de la Mora, Enrique Yáñez, y los artistas, Diego Rivera, Luis Barragán, José Chávez Morado, David Alfaro Siqueiros, Francisco Eppens, por recordar algunos. No mencionar a todos resulta injusto, pero una obra de estas dimensiones merecería, literalmente, el espacio completo de una enciclopedia.

El 18 de julio de 2005, el conjunto arquitectónico del campo central de la UNAM fue declarado monumento artístico por el Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura, y dos años más tarde, el 28 de junio de 2007, fue inscrito en la lista del patrimonio mundial de la UNESCO, “por representar una obra maestra del genio creativo humano, exhibir un importante intercambio de valores humanos a lo largo de un periodo de tiempo o dentro de un área cultural del

mundo, sobre desarrollos en arquitectura o tecnología, artes monumentales, urbanismo o diseño de paisajes y ser un ejemplo sobresaliente de un tipo de edificio, conjunto arquitectónico, tecnológico o pasaje que ilustra una etapa significativa en la historia humana”.

El 22 de marzo de 2022, la UNESCO formalizó el carácter nacional de tres acervos que salvaguarda la UNAM, con la inscripción al Registro Nacional del Programa Memoria del Mundo México. Se trata del “Fondo documental Agustín Villagra Caletí (1937-1963)” del Instituto de Investigaciones Estéticas (IIE); del “Fondo de la Antigua Academia de San Carlos de la Facultad de Arquitectura” (FA); y del archivo sonoro “60 años de contar historias: evolución de la ficción sonora en Radio UNAM”.

*Sirva este aniversario para revalorar y divulgar la conservación de nuestro patrimonio cultural, que nos da a todos un sentido de pertenencia, y que estamos obligados a transmitir a las nuevas generaciones, como uno de los más grandes paradigmas artísticos del México contemporáneo.*

*“Por mi raza hablará el espíritu”.*





# La Agenda 2030: menos de una década para el 2030. El papel de la Universidades

**Verónica E. Solares-Rojas**

Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad, UNAM  
Antiguo Edificio de Posgrados, 2do Piso, Ciudad Universitaria, C.P.04510, Ciudad de México, México  
[veronica.solares@unam.mx](mailto:veronica.solares@unam.mx)

## Palabras clave

*Agenda 2030, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Sustentabilidad, Universidades, Transdisciplina, UNAM, crisis socioambientales, colaboración.*

Casi todos hemos escuchado hablar sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030 de la que se derivan. Este acuerdo internacional busca posicionarse como prioridades en la agenda internacional: la eliminación de la pobreza, la conservación del medio ambiente y el fomento a la equidad y la sustentabilidad<sup>3</sup>. La mayoría de los países, así como gobiernos locales, empresas y organizaciones de la sociedad civil han hecho suya la Agenda. Esta Agenda 2030 fue propuesta como respuesta a las diversas crisis ambientales y sociales que enfrentamos, como el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad, la pérdida y degradación de los ecosistemas, la contaminación del agua, aire y suelo, la desigualdad y la pobreza. La Agenda incluye 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas asociadas a ellos.

Este acuerdo mundial dio continuidad a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) planteados en el año 2000, donde se plantearon ocho objetivos a alcanzar en el 2015<sup>2</sup>. Los ODM se enfocaron en reducir la pobreza extrema, las tasas de mortalidad infantil, el combate a enfermedades como VIH y el impulso de las alianzas para el desarrollo (Naciones Unidas, 2000). Aunque se registraron avances, fueron muy limitados y no fue posible cumplir los ODM. De hecho, la mayor parte de las crisis socioambientales se intensificaron en ese periodo.

Con el fin de buscar un mayor compromiso de los gobiernos, pero también de las empresas y sociedad civil, en 2015 se plantearon nuevos y más ambiciosos objetivos, los cuales se plasmaron en la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible con metas al año 2030. Un gran acierto de



Fuente: Naciones Unidas

esta Agenda, impulsada por las Naciones Unidas, ha sido la socialización del tema, la difusión de la importancia de la sustentabilidad entendida como un equilibrio entre las dimensiones ambiental, social y económica. En los últimos años ha crecido el interés, no solo de los gobiernos por unirse a iniciativas de este tipo, también se han sumado empresas, organizaciones de la sociedad civil y universidades, entre otros actores. El tema ha trascendido a la opinión pública posicionándose como un asunto de urgencia global. Sin embargo, a pesar del reconocimiento de la importancia de atender los retos socioambientales que representan las crisis actuales, el impacto de las políticas e iniciativas sigue siendo insuficiente. A esto se suman los efectos, tanto en salud como en intensificación de las desigualdades y pobreza, que trajo consigo la pandemia por COVID. A nivel global, millones de personas entraron en situación de pobreza. De acuerdo con la CEPAL, 201 millones de personas (32 % de la población de América Latina) se encontró en situación de pobreza en el año 2021, cifra mucho más alta que la del 2019 (187 millones de personas). Se incrementó la desigualdad, se contrajo la actividad económica y las mujeres fueron particularmente afectadas por un retroceso en el acceso a espacios laborales, ma-

yor carga doméstica y mayor exposición a la violencia<sup>1</sup>. Este retroceso representa un reto aún mayor, ya que se tienen que enfrentar estas problemáticas sociales en un contexto donde la degradación de los ecosistemas continúa avanzando, los efectos del cambio climático siguen presentes e incrementándose y sus causas no se han logrado disminuir significativamente; a nivel mundial las emisiones de gases efecto invernadero siguen aumentando.

Estamos a solo a ocho años de que venza el plazo para cumplir los ODS y, aunque parece un periodo largo, es poco tiempo para alcanzar las 169 metas. Por ello es necesario redoblar esfuerzos. Es fundamental que los diferentes actores impulsen estrategias que permitan avanzar en su cumplimiento. Esto no solo beneficiará a las futuras generaciones, también tendrá beneficios para nosotros, para nuestro presente.

En este contexto, aunque los gobiernos tienen compromisos firmados en diversos acuerdos internacionales que abonarán a los ODS, no podremos enfrentar los desafíos socioambientales sin la acción colaborativa de diversos sectores. Se requiere la participación del gobierno, la academia, la sociedad civil y de la iniciativa privada. Por ejemplo, las grandes corporaciones, responsables de un elevado consumo de materias primas para la producción de bienes deben sumarse con acciones decididas y no solo en el discurso o con acciones superficiales que no resuelven de fondo los problemas. Las universidades son actores clave desde donde no solo se genera y difunde conocimiento, sino que se forma a la ciudadana informada, profesionistas y futuros tomadores de decisiones. En 1990 en Talloires, Francia, los rectores, vicerrectores y cancilleres de universidades asumieron un compromiso con la sustentabilidad ambiental

en la educación superior y sostuvieron que las universidades deben guiar y apoyar con respuestas ante los desafíos en alianza con los gobiernos, la sociedad civil y la industria<sup>5</sup>. La Universidad Nacional Autónoma de México se unió a esta alianza y asumió el compromiso.

En estos años que restan para alcanzar el 2030, las universidades pueden impulsar estrategias y acciones para avanzar hacia un futuro más sustentable, equitativo y justo. Las tareas sustantivas de las universidades se enfocan en la docencia y la investigación; en particular en la UNAM la cultura también es parte de su labor fundamental. Desde estas áreas y el trabajo de las universidades formando alianzas con los gobiernos y la sociedad civil se pueden construir respuestas (basadas en conocimientos) a los retos de la sustentabilidad. Las universidades también son espacios donde se da la discusión pública, donde se facilita el diálogo y se impulsa la cooperación intersectorial y son reconocidas por la sociedad como un referente en conocimiento, innovación y para el desarrollo nacional<sup>4</sup>. El liderazgo de las universidades representa un reconocimiento de la sociedad pero al mismo tiempo constituye una gran responsabilidad a la que se debe responder de forma decidida, comprometida y bien fundamentada.

En la UNAM existen, desde hace varios años, iniciativas que buscan impulsar una mejor relación de la sociedad con el medio ambiente, la construcción de espacios académicos de investigación y discusión de las problemáticas y posibles formas de abordarlas. Destaca actualmente el reconocimiento institucional de la importancia de transversalizar a todas las tareas de la UNAM el tema de la sustentabilidad. El Plan de Desarrollo Institucional 2019-2023 (PDI)

de la UNAM incluye el tema en su Programa 1.6 Universidad sustentable dentro del Eje 1. Comunidad universitaria igualitaria, con valores, segura, saludable y sustentable. El PDI comprende 16 proyectos o líneas de acción que buscan la inclusión de la sustentabilidad en las tareas sustantivas de la Universidad (docencia, investigación y extensión de la cultura) y la gestión sustentable de los campus. Se busca impulsar también el trabajo colaborativo con instituciones de educación superior, gobiernos, sociedad civil e iniciativa privada<sup>4,6</sup>.

Un ejemplo del interés de la UNAM por formar profesionistas expertos que se involucren y participen en la construcción de posibles soluciones a los retos socioambientales es la creación, en el 2015, del Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad. Este posgrado privilegia la formación transdisciplinaria de sus estudiantes, ya que reconoce que las soluciones solo podrán generarse con la visión y trabajo colaborativo de diversas disciplinas. Existen también diversos seminarios y programas donde se abren espacios de colaboración y discusión transdisciplinaria para analizar los problemas actuales e incluso las políticas públicas con incidencia en el tema. Actualmente, la Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad (CoUS) es la responsable de promover la visión de la sustentabilidad como eje transversal en las actividades y espacios de la UNAM, al mismo tiempo busca crear espacios y colaborar en los ya existentes para construir respuestas de manera colaborativa con otros sectores en la transición hacia la sustentabilidad a escala local, nacional y regional. Para responder a estos retos dentro de la Universidad y en su contribución hacia la sociedad, la UNAM a través de la CoUS publicó el Plan Integral para la Sustentabilidad desde la

UNAM donde se establecen las directrices generales para que las entidades y dependencias de la UNAM impulsen acciones para hacer transversal la sustentabilidad a las tareas sustantivas de la UNAM de docencia, investigación y extensión de la cultura, así como estrategias para campus sustentables y acciones de colaboración con gobiernos y sociedad civil<sup>7</sup>.

La comunidad estudiantil es un sector fundamental que se debe considerar, apoyar e impulsar, ya que su interés y compromiso en proponer, construir y unirse a iniciativas hacia un futuro sustentable es cada vez mayor y notorio. Las y los estudiantes de nuestra universidad representan esas generaciones actuales que ya enfrentan los retos de la sustentabilidad, pero al mismo tiempo son esos futuros profesionistas y tomadores

de decisiones que podrán participar en el cambio hacia una sociedad cada vez más sustentable. Es esencial incluirles en las diversas iniciativas para que podamos llegar al año 2030 sabiendo que, aunque difícilmente se alcanzarán todas las metas de los ODS, se sigue avanzando hacia ellas y que sean estos futuros profesionistas quienes puedan proponer nuevos acuerdos, objetivos y metas a seguir para dar continuidad a las acciones emprendidas, iniciar nuevas y redireccionar las necesarias.

Faltan ocho años para que venza el plazo, pero podemos y sobre todo debemos, como sociedad y como universitarios, continuar construyendo, sensibilizando a los diversos actores y formando estudiantes activos, comprometidos y con una formación sólida.

## Referencias:

1. CEPAL. (2022). Los impactos sociodemográficos de la pandemia de COVID-19 en América Latina y el Caribe. Chile.
2. Naciones Unidas. (2000). Objetivos de Desarrollo del Milenio Informe de 2015. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/mdg/-the-millenniumdevelopment-goals-report-2015/>
3. Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. In Treaty Series. Retrieved from: [https://unctad.org/meetings/es/Sessional-Documents/ares70d1\\_es.pdf](https://unctad.org/meetings/es/Sessional-Documents/ares70d1_es.pdf)
4. Solares Rojas V. E., Muench Spitzer C., Pasquier Merino A. y Ríos Muñoz C.A. (2021). Diego Magaña Rodríguez, Regina González Villarreal, Lydya Lara Barragán Vite, Claudia de Garray Montoya, compiladores. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible desde la UNAM. LIBRUNAM ISBN 9786073052726 [https://cous.sdi.unam.mx/agenda\\_2030/](https://cous.sdi.unam.mx/agenda_2030/)
5. ULSF. (2019). The Association of University Leaders for a Sustainable Future (ULSF). Talloires Declaration Signatories List. <http://ulsf.org/>
6. UNAM. (2017). Plan de Desarrollo Institucional 2015-2019. México.
7. UNAM-CoUS (2022). Plan Integral para la Sustentabilidad desde la Universidad Nacional Autónoma de México. <https://cous.sdi.unam.mx/pisu/PISU.pdf>



UNAM. Plan Integral para la Sustentabilidad desde la UNAM Disponible en: <https://cous.sdi.unam.mx/pisu/PISU.pdf>



# Material de apoyo a la docencia: ¡Derrames petroleros! Con-Acciones STEAM

Rocío de la Torre

Secretaría de Vinculación y Educación Continua  
Instituto de Investigaciones en Materiales UNAM

¿En qué piensan cuando escuchan Exxon Valdez? A algunos les parecerá un nombre propio, a otros, un lugar u objeto relacionado con la empresa petrolera Exxon. Pues bien, Exxon Valdez está asociado al segundo derrame petrolero más grande de toda la historia y fue provocado por un buque que llevaba ese mismo nombre. Golpeó un arrecife el 24 de marzo de 1989 y derramó aproximadamente 41 millones de litros de crudo en la bahía de Prince William Sound, en Alaska. El desastre de 2010, en la plataforma Deepwater Horizon, lo superaría. Fue 17 veces mayor y aproximadamente 700 MM de litros fueron derramados en el Golfo de México.

Los daños ocasionados al medio ambiente, flora y fauna, durante estos y tantos otros lamentables accidentes que ocurren durante actividades relacionadas con la explotación y producción de petróleo son de dimensiones descomunales, pero, ¿podríamos revertirlos?.. Ya que en este número de nuestra Revista hemos abordado algunos temas relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, veremos cómo podríamos

contribuir al cumplimiento del *Objetivo 14: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos.*

Para ello proponemos la siguiente actividad manual que nos ayudará a entender cómo es que podemos –o no– remediar los daños al océano y demás cuerpos de agua, posterior a los derrames petroleros. Se plantean las siguientes preguntas: ¿Qué pasa cuando se derrama petróleo en el agua?, y si esto sucede, ¿cómo podemos limpiarla?

## Materiales:

- Recipiente metálico pequeño
- Agua
- Colorante azul para alimentos
- Taza o vaso medidor
- Aceite vegetal
- Chocolate en polvo
- Agitadores
- Toallas de papel
- Algodón
- Esponja
- Detergente líquido para trastes
- Pinzas de metal

## Procedimiento:

### *1era parte: Un derrame de crudo en el océano*

1. Simularemos un “océano” llenando con agua el recipiente de metal a 2/3 de su capacidad y agregando de 5 a 6 gotas del colorante azul, agitando hasta que la mezcla sea homogénea.
2. Para simular el “crudo” o petróleo agregaremos 3 cucharadas de aceite vegetal en la taza medidora.
3. Se le añaden 2 cucharadas de chocolate en polvo al aceite vegetal.
4. Mezclamos vigorosamente con los agitadores de madera.
5. Es tiempo de contaminar nuestro “océano” y para esto agregaremos LENTAMENTE la mezcla de aceite al recipiente metálico, desde una altura aproximada de 1 cm. (NOTA: Si agregas la mezcla muy rápido el experimento no va a funcionar).



## Observaciones:

1. ¿Qué es lo que pasa con el aceite cuando viertes el “crudo” al “océano”?
2. ¿Flota, se hunde, o se combina?

### *2da parte: Revirtiendo los daños*

6. Es tiempo de remediar la situación y para ello trataremos de remover tanto aceite (tanto “crudo”) como nos sea posible. Haciendo uso de las pinzas, prueba con diferentes materiales de limpieza (toallas de papel, algodón, esponja y líquido lavatrastes).

## Observaciones:

3. ¿Cuánto aceite pudiste retirar con cada material de limpieza?
4. ¿Qué tan rápido pudiste hacerlo?
5. ¿También absorbió agua? Inténtalo con los otros materiales.

## Algunas conclusiones:

El agua y el aceite no se mezclan. En el caso del petróleo, que es una mezcla de hidrocarburos formados principalmente por átomos de hidrógeno y carbono, se trata de un material hidrofóbico. A los materiales hidrofóbicos no les gusta el agua y tienden a formar aglomerados entre ellos (es decir, se pegan entre sí). Por lo tanto, para poder limpiar un derrame de petróleo se necesitan sustancias que sean similares y tengan comportamiento hidrofóbico. Esta es una tarea difícil, ya que muchas sustancias o compuestos son hidrofílicos. También se ha contemplado utilizar cabello y diversos biomateriales para retirar al crudo en los derrames petroleros, ¿qué otros materiales se te ocurren? La cantidad de aceite que se haya podido retirar con cada material sirve para ejemplificar el concepto de eficacia, mientras que el tiempo requerido para hacerlo ayuda a ejemplificar el de eficiencia.

Su opinión es importante para nosotros. Puede hacernos llegar comentarios, dudas y aportaciones por medio de las vías institucionales y al correo electrónico: [revista@materiales.unam.mx](mailto:revista@materiales.unam.mx)

Le haremos llegar sus preguntas a los respectivos autores. Si tiene interés en publicar con nosotros, le invitamos a conocer los lineamientos editoriales en nuestra página: <https://revista.iim.unam.mx/>



**MA** Materiales Avanzados