



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León

ABRIL 2026



AÑO 29, NÚMERO 136



Mujeres en la Botánica (siglos XVII-XIX)
Micelio fúngico, biomaterial sustentable
Valores en el deporte mexicano



Año 29,
Número 136
marzo - abril 2026



Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Mario Alberto Garza Castillo
Secretario general

Mtro. Mario Emilio Gutiérrez Caballero
Abogado general

Dr. José Ignacio González Rojas
Secretario de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director CienciaUANL

Melissa del Carmen Martínez Torres
Editora

Consejo Editorial

Dr. Sergio Estrada Parra (Instituto Politécnico Nacional, México) /
Dr. Miguel José Yacamán (Universidad de Texas, EUA) / Dr. Juan Manuel Alcocer González (Universidad Autónoma de Nuevo León, México) /
Dr. Bruno A. Escalante Acosta (Instituto Politécnico Nacional, México)

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores Auxiliar administrativo: Samantha Jaqueline Zavala Salas
Diseño: Orlando Javier Izaguirre González Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas
Corrector de inglés: Alejandro César Argueta Paz Portada: Francisco Barragán Codina
Servicio social: Daniel Omar Muñoz Martínez Webmaster: Mayra Silva Almanza
Ilustración de contraportada: Olga Margarita González Nieves

CienciaUANL, Año 29, N° 136, marzo-abril de 2026. Es una publicación bimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236, <https://cienciauanl.uanl.mx>, revista.ciencia@uanl.mx. Editora responsable: Melissa del Carmen Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102, ISSN impreso: 3061-8401, Licitud de Título y Contenido: 14914, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor; ISSN-E: 3061-841X. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Responsable de la última actualización de este número: Melissa del Carmen Martínez Torres. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 02 de marzo de 2026, tiraje: 1,400 ejemplares. Fecha de última modificación: 02 de marzo de 2026.

Esta publicación, en su integridad, y los derechos contenidos en ella, están protegidos por la Ley Federal de Derecho de Autor y la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial, por lo que no podrá ser reproducida con fines comerciales sin autorización del editor. Asimismo, queda prohibido cualquier uso sobre esta publicación, sea total o parcial, con fines de entrenamiento de cualquier clase de inteligencia artificial, minería de datos y textos, incluyendo, pero no limitado, la generación o publicación de obras derivadas o contenidos basados total o parcialmente en esta publicación y cualquiera de sus partes pertenecientes a la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Las violaciones a estas disposiciones constituyen una infracción en materia de comercio, derechos de autor y un delito.

Publicación indexada a LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2026

CienciaUANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Lourdes Garza Ocañas
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Ma. Aracelia Alcorta García
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dra. María Julia Verde Star
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Veronika Sieglin Suetterlin
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Gloria María González González
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Nora Elizondo Villarreal
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Hugo Bernal Barragán
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Blanca Mirthala Taméz Valdés
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. Yolanda Peña Méndez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Héctor de León Gómez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

ÍNDICE

6 EDITORIAL

8 CIENCIA Y SOCIEDAD



¿Qué es más importante? Exploración de valores en el deporte mexicano
Daniela Miranda-Rochín, Rylan Curtis, Marina García-Solà, Lex Sailer

20 OPINIÓN



Más allá del jardín: la presencia histórica de las mujeres en la Botánica (siglos XVII-XIX)
Graciela Velázquez Delgado

30 EJES



Plomo, cadmio y arsénico: los villanos silenciosos
María Rocío Alfaro-Cruz, Edith Luévano-Hipólito, Leticia Myriam Torres-Martínez

42 SECCIÓN ACADÉMICA

43

Akkermansia muciniphila: de bacteria desconocida a probiótico prometedor
Olga C. Rojas, Cintia Amaral-Montesino

50 CURIOSIDAD



¿Micelio fúngico en lugar de unicel? La revolución de los biomateriales sustentables
Karla Ivette Pacheco-Vázquez, Juana Lira-Pérez, Mayola García-Rivero

58 CIENCIA DE FRONTERA



Entender el mundo a través de la modelación matemática, el grano de arena de la Dra. Guadalupe Carmona Domínguez
María Josefa Santos-Corral

70 SUSTENTABILIDAD



Contaminación del suelo por sustancias químicas: un problema urgente para la sustentabilidad
Pedro César Cantú-Martínez

80 COLABORADORES

Mujeres en la ciencia: un acto de resistencia y herencia colectiva

**Dra. Ana Irene
Cuevas-Gutiérrez***

ORCID: 0000-0002-3019-4745

Hace ya cinco años que *CienciaUANL* se ha convertido en un espacio de confluencia para las voces femeninas que desde sus diversas trincheras construyen el conocimiento que impacta a México y Latinoamérica. Es por eso que, en esta edición especial, en la que la autoría la toman las mujeres, celebramos no sólo el presente de la investigación sino, además, la genealogía que nos sostiene, ya que hablar de la participación femenina en la ciencia hoy, nos hace mirar hacia atrás, al encuentro con aquellas figuras que abrieron las brechas y nos inspiraron para transitar en el ahora con mayor libertad.

Estoy convencida de que nadie llega a la investigación por generación espontánea, y que, por el contrario, si nos hallamos en el lugar en el que estamos, es por las mujeres que han alentado nuestra trayectoria académica. En mi caso particular, no puedo evitar mencionar y honrar la memoria y el legado de la doctora Martha Casarini Ratto, cuya reciente partida nos deja un profundo vacío y una pauta clara: la investigación

científica no debe ser un camino solitario, más bien tiene que ser un puente que se despliega entre generaciones.

Para muchos, nombrar a la doctora Casarini es hablar de una referente imprescindible en el campo del *curriculum* en Iberoamérica, reconocida ampliamente por su capacidad de humanizar la teoría educativa y por enseñarnos que como docentes somos generadores y no sólo ejecutores del conocimiento...; sin embargo, para mí fue mucho más que eso, fue una mentora y amiga que me supo guiar con una calidez humana que complementaba aquella imagen de mujer fuerte, quien con la gran pasión con la que defendía sus ideas en clases, me impulsaba a hacer lo mismo con mi propia voz, a cuestionarme e indagar aún más.

Ella, junto a otras tantas pioneras, entendió que ser mujer en la academia puede ser un acto de resistencia, y que el conocimiento no se posee, se hereda. Su ejemplo nos inspira a comprender que nuestra laborar no termina con la publicación de un artículo, sino en la formación de nuevas mentes capaces de cuestionar y transformar su realidad.

Tomando éste como modelo, los contenidos que ahora presentamos buscan reflejar la pluralidad de la mirada femenina, en los que las autoras reunidas demuestran que la ciencia se comple-

*** Universidad Autónoma de Nuevo León,
San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: acuevas@uanl.edu.mx**

menta cuando integra la diversidad de experiencias y la pasión de aquéllas que fueron nuestras mentoras, de tal manera que este número es un acto de reconocimiento a su labor, en el entendido de que si estamos aquí es porque ellas estuvieron antes, si podemos proponer y liderar fue por aquellas maestras que nos enseñaron que nuestra voz tiene un lugar legítimo y necesario en la discusión.

Concluyo invitando a las jóvenes estudiantes y científicas a no sólo leer estas páginas, sino a encontrar en su contenido un reflejo de lo que pueden lograr, y que el ejemplo de quienes nos precedieron sea el motor que nos siga impulsando, así honramos a las que estuvieron, celebramos a las que están y continuamos pavimentando el terreno para las que vendrán.

Descarga aquí nuestra versión digital.



¿Qué es más importante?

Exploración de valores en el deporte mexicano

Daniela Miranda-Rochín*
ORCID: 0000-0003-3181-6507

Rylan Curtis**
ORCID: 0009-0008-0490-5604

Marina García-Solà***
ORCID: 0000-0002-0418-6493

Lex Sailer****
ORCID: 0009-0001-6226-5464

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl29.136-1>

En el deporte, desde sus múltiples formas de vivirse, hablar de valores es algo frecuente y aparece en conversaciones cotidianas dentro del vestuario, durante los entrenamientos, entre compañeras y compañeros de equipo, con las amistades y la familia. También ocupa un lugar importante, aunque en ocasiones en segundo plano, en investigaciones, reportajes, debates, instituciones deportivas, universidades, opinión y políticas públicas e incluso en leyes que lo regulan.

Un caso mediático de los últimos años que acaparó portadas y fue muy comentado por los medios de comunicación fue el de "las 15", de la selección femenina de fútbol de España previo al Mundial de Australia 2023. Como señal de protesta y lucha por mejoras estructurales y de condiciones laborales, aproximadamente un año antes del certamen, 15 jugadoras informaron a la federación que no estarían disponibles para ser convocadas a las concentraciones.

La demanda tuvo mucha fuerza, y a medida que se acercaron las eliminatorias, varias jugadoras volvieron y unas pocas (cuatro o cinco) se mantuvieron firmes en su decisión. El dilema estaba claro: jugar una copa mundial con posibilidad de ganar el oro (motivación personal) o renunciar a ello convencidas de que sería un beneficio para el gremio y deportistas de otras disciplinas a largo plazo (un bien común). Cualquiera de las dos decisiones era difícil de tomar, por las diferentes opiniones dentro y fuera del vestuario, además de toda la presión mediática que se estaba teniendo.

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.

** University of Toronto, Canadá.

*** Universitat Autònoma de Barcelona, Institut de Recerca de l'Esport, España.

**** Universität Wien, Austria.

Contacto: daniela.miranda@autonoma.cat



En el Mundial Femenil de Fútbol de 1971, en la Ciudad de México, las atletas habían experimentado una situación similar. Se unieron para protestar y demandar remuneración económica como parte de su profesionalización, la cual fue negada y aun cuando mostraron resistencia frente a las negativas, un día antes de la final decidieron jugar. Inspiradas en la responsabilidad moral hacia el deporte femenino y la afición, aunque afectadas emocionalmente.

Estos casos que nos sirven ahora de ejemplo ilustran la presencia constante de los valores, cuyo concepto, sin embargo, suele usarse de manera ambigua: en ocasiones se habla de "tener" como una cualidad positiva, o de "carecer" para señalar conductas reprobables. Pero ¿qué significa realmente tener –o no tener– valores? ¿Se puede verdaderamente carecer de ellos?

Por todo esto la psicología del deporte se dedica a estudiar, entre muchas otras variables, los valores. Desde su laboratorio en Valencia, Castillo y Álvarez (2023) publicaron recientemente el libro *Psicología social de la actividad física, el deporte y el ejercicio*, en el que, además de otros temas, exponen que los valores se reflejan tanto en las distintas áreas de la vida de cada atleta, como en el conjunto de éstos que comparten con quienes forman un equipo. Y por ello, comprenderlos es fundamental porque permite decidir cuáles se desea fomentar en el grupo y así favorecer que las acciones y comportamientos vayan en la misma dirección.

Con esto podemos entender que los valores guían la interacción social de las personas con su entorno. De acuerdo con Schwartz (1992), están organizados de tal forma que explican la toma de decisiones, actitudes y conductas de las personas y los colectivos. A lo largo de sus investigaciones, y en conjunto con su grupo de trabajo, ha descrito características comunes: (1) son creencias respecto a las metas que son deseables; (2) al activarse provocan emociones; (3) motivan el comportamiento, percepciones y actitudes (consciente o inconscientemente); (4) funcionan como estándares para evaluar acciones, personas y eventos, y (5) se ordenan por importancia de acuerdo con un sistema de jerarquías que se mantiene relativamente estable a lo largo del tiempo.

Entenderlos desde esta perspectiva incluye la comprensión de un continuo circular de la motivación, en donde no hay valores positivos o negativos, sino que de forma análoga a un círculo cromático, las motivaciones expresadas por éstos se mezclan entre sí. Respecto a la relativa estabilidad, hace referencia a que los valores personales se sostienen en una situación y otra, y varían en función de la importancia que cada persona o grupo social les otorga. Así, Sagiv *et al.* (2017) lograron exponerlo con claridad mencionando que los valores personales son aquello que los seres humanos consideran relevante.

Ella Bucio, deportista mexicana y campeona mundial de parkour, en una entrevista realizada por Loredó (2022), expresó lo siguiente:

"Yo fui gimnasta nueve años y era atleta de alto rendimiento. Hubo un momento en el que yo estaba por en-

trar a la secundaria y me ofrecieron irme a Monterrey, al equipo élite de México, pero me di cuenta que tenía que abandonar por completo a mi familia, ya que la prioridad iba a ser el deporte... Entonces debía tomar una decisión importante, al final decidí que no, no valía la pena, porque yo no me veía en el mundo de la gimnasia para siempre...”.

Al momento de la entrevista, Bucio, con 25 años, recordaba lapsos de su adolescencia, cuando, con 11 o 12 años de edad, identificaba estándares que le direccionaron a tomar decisiones. ¿Qué fue lo que consideró importante? ¿Valdría decir que no contempló el posible éxito al pertenecer a un equipo de élite?

De vuelta a la teoría, en 1981 Lawrence Kohlberg estimaba que lo esencial era comprender el razonamiento frente a problemas de carácter moral y propuso etapas sobre este juicio en las personas, las cuales consistirían precisamente en momentos (preconvencional, dilemas morales, convencionales y posconvencionales), donde el último sería el más alto en desarrollo moral. Carol Gilligan (1982) objetó dicha teoría, resaltando que en ese modelo no estaban consideradas las experiencias de las mujeres, para la que planteó una moralidad del cuidado en la que se enfatizaban la empatía, las relaciones interpersonales y la responsabilidad moral hacia los demás, cuyo desarrollo moral sólo podría comprenderse desde una ética contextual y relacional.

Posteriormente, Schwartz (2010) presentó dos directrices generales de los valores personales de acuerdo con su contenido motivacional y la visualización como un círculo, podemos identificar las áreas de crecimiento y autoprotección, en donde más que pensar en etapas se procura explorar dentro de un gradiente de valores (figura 1).

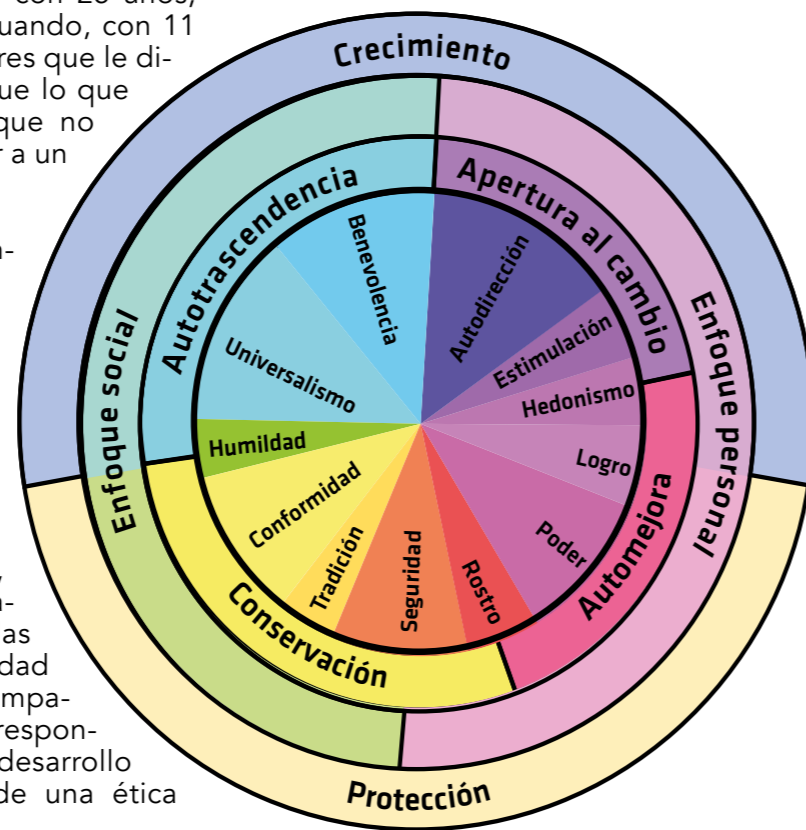


Figura 1. El contenido motivacional circular de la teoría de valores (Schwartz y Cieciuch, 2022, en Miranda-Rochín, 2025).

Para comprender mejor la figura 1, podemos considerar las explicaciones de los autores, quienes mencionan que la autotrascendencia implica trascender los intereses propios por el bien común y la apertura al cambio indica la disponibilidad hacia las nuevas ideas, acciones y experiencias. En contraste, conservación enfatiza la autorrestricción, el orden y evitar el cambio, mientras la automejora se refiere a perseguir los intereses propios (Schwartz y Cieciuch, 2022).

En esta misma línea y contexto, se han reportado distintos hallazgos relacionados con los valores personales, por ejemplo, Danioni *et al.* (2017) encontraron que una muestra de atletas adolescentes italianos consideraba la competencia y la justicia como más importantes, frente a ser líderes del grupo; además que cuanto más se sentían comprendidos por parte de sus madres y padres respecto a la disciplina que practicaban, mostraban mayor disposición para aceptar sus valores deportivos. Resaltando la relevancia de la calidad en las interacciones y las relaciones interpersonales, en este caso hijas e hijos con madres y padres.

¿PERO QUÉ SIGNIFICA REALMENTE TENER –O NO TENER– VALORES? ¿EN VERDAD ES POSIBLE NO TENER VALORES?

En parte derivado de esta pregunta surgió el interés por explorar cuáles son los valores personales prominentes en México. Encontramos que emanado de su teoría, Schwartz y su equipo desarrollaron el *Cuestionario de Retrato de Valores* (2010) para identificar cuatro: autotrascendencia, conservación, automejora y apertura al cambio. El *test* ya se había validado en español, aunque no en el contexto mexicano, por lo que en una reciente investigación lo aplicamos con una población de 18 años y más (n= 278), comprobando que su uso es válido y fiable. Además, en esta muestra pudimos identificar diferencias en función del género, donde la Autotrascendencia resultó mayor en el grupo de mujeres, y Automejora, en su valor específico de poder-dominancia, lo fue en el de hombres.

Posteriormente aplicamos el instrumento en una población de atletas con distintos niveles competitivos de diversos estados de México, y encontramos que de la muestra total (n = 181), al examinar en función del género, autotrascendencia y apertura al cambio, éstos fueron superiores en el grupo de mujeres. Cuando realizamos la comparación con la muestra de deportistas y la de no deportistas, tanto apertura al cambio, conservación y automejora, se observaron mayores en el primer grupo.

De acuerdo con dichos resultados, los valores más presentes están relacionados con desarrollar ideas novedosas, tener nuevas experiencias y sentir autonomía; así como cumplir con las reglas, percibir protección personal y social y experimentar éxitos.

ENTONCES, ¿CÓMO PODEMOS ENTENDER LOS VALORES PERSONALES?

Como se refleja en los resultados presentados, todas las personas tienen valores, pero éstos difieren en intensidad y orientación según factores individuales y contextuales. En los primeros se puede pensar en un conjunto de principios en equilibrio entre múltiples aspectos (automejora, autotrascendencia, apertura al cambio y conservación, etcétera), moldeados por los segundos: género, estatus de atleta, edad y cultura deportiva (por ejemplo, disciplinas en equipo contra individuales).

En cuanto a las diferencias de género en los valores, seguramente tengan que ver con la "herencia" que nos queda de la tradicional división sexual del trabajo, donde a las mujeres se les asignaba el rol del cuidado del hogar y de las personas (mayores, pareja e hijos), con una misión reproductiva, así que de manera inconsciente resulta valioso el avance colectivo y la atención a los demás, y no tanto por ellas mismas. Mientras que los hombres ocupaban el espacio público como principales res-

ponsables del trabajo y el sustento económico, lo cual se asocia más con valores que apuntan a la mejora individual y de la producción, más que de cuidado.

Respecto a la cultura deportiva, podemos observarlo cuando las y los atletas deben tomar decisiones en las que sus valores personales, que usualmente sirven de guía, se enfrentan a una nueva situación. En una reciente entrevista realizada por Gaspar (2025), después de ganar la Copa del Mundo de Parkour, Ella Bucio profundizó un poco más sobre el contexto en el cual había tomado decisiones en su adolescencia y expuso lo más importante en su presente. Bucio compartió preocupaciones relativas a la estabilidad, el futuro y lo que para ella representa el bienestar. También expresó disfrute por su deporte, estar abierta a nuevas experiencias y hacer frente a los retos.

Finalmente, cuando le preguntaron sobre el mensaje que podía dejar a las generaciones venideras respondió: "Hay que ser honestos con uno mismo y con el mundo, y aguantar, porque van a opinar y la vida es cabrona, pero uno es más cabrón".



¿CÓMO PODRÍAMOS INTERPRETAR "SER HONESTA CONTIGO MISMA Y CON EL MUNDO"?

Este mensaje invita a meditar en cómo los valores personales se alinean con los factores contextuales y, a su vez, influyen en las resoluciones dentro de la disciplina que practica y en la vida en general. Las reflexiones de Ella Bucio sobre la influencia del financiamiento en sus decisiones respecto al deporte como carrera muestran que los valores no están aislados; por ejemplo, sin estabilidad económica o con necesidades básicas no satisfechas, los principios más cercanos al área del crecimiento, la autotrascendencia o la apertura al cambio, pueden ser difíciles de poner en práctica. De este modo, es importante reconsiderar la manera en cómo las barreras estructurales afectan la expresión de los valores personales.

Además, hablar con compañeras y compañeros de equipo, entrenadoras y entrenadores, colegas y amistades sobre lo que consideran significativo es clave para revelar valores compartidos e incluso los contrastantes. Descubrir valores opuestos puede ser incómodo, pero en última instancia fortalece las relaciones interpersonales y las de grupo, al fomentar la apreciación y respeto por las diversas perspectivas.

REFERENCIAS

- Castillo, Isabel, Álvarez, Octavio. (2023). *Psicología social de la actividad física, el deporte y el ejercicio*, McGraw Hill.
- Danioni, Francesca, Barni, Daniela, Rosnati, Rosa. (2017). Transmitting Sport Values: The Importance of Parental Involvement in Children's Sport Activity, *Europe's Journal of Psychology*, 13(1), 75-92, <https://doi.org/10.5964/ejop.v13i1.1265>

Gaspar, Beatriz. (2025). 'Mi futuro no es ser la mejor del mundo': Ella Bucio, medalla de oro en la Copa del Mundo de Parkour, *Forbes México*, <https://forbes.com.mx/mi-futuro-no-es-ser-la-mejor-del-mundo-ella-bucio-medalla-de-oro-en-la-copa-del-mundo-de-parkour/>

Gilligan, Carol. (1982). *In a Different Voice: Psychological theory and women's development*, Harvard University Press.

Loredo, Rogelio. (2022). 'Valió la pena todo el esfuerzo que he hecho': hablamos con Ella Bucio, campeona mundial de parkour, <https://animalpolitico.com/tendencias/actualidad/entrevista-ella-bucio-mexicana-campeona-mundo-parkour>

Miranda-Rochín, Daniela. (2025). *Valores personales e inteligencia emocional en el deporte mexicano, de la revisión a la evaluación empírica* (tesis doctoral), Universidad Autónoma de Barcelona.

Schwartz, Shalom. (2010). Basic values: How they motivate and inhibit prosocial behavior, in M. Mikulincer y P. Shaver (eds.), *Prosocial Motives, Emotions, and Behavior: The Better Angels of Our Nature* (pp. 221-241), American Psychological Association, <https://doi.org/10.1037/12061-012>

Schwartz, Shalom, Cieciuch, Jan. (2022). Measuring the refined theory of individual values in 49 cultural groups: Psychometrics of the revised Portrait Value Questionnaire, *Assessment*, 29(5), 1005-1019.

Recibido: 19/03/2025

Aceptado: 05/06/2025

Descarga aquí nuestra versión digital.



**¿Qué es más importante?
Exploración de valores
en el deporte mexicano**

Resumen

Este artículo explora cómo los valores personales, entendidos como aquello que cada persona considera importante, influyen en las decisiones y el bienestar de las y los deportistas mexicanos, planteando las preguntas: ¿qué significa tener —o no tener— valores? y ¿cómo podemos entender los valores personales? A través de ejemplos históricos y actuales, se analiza cómo valores como la autotranscendencia, la apertura al cambio, la automejora y la conservación guían elecciones difíciles, y cómo el género, la cultura deportiva y las condiciones sociales pueden moldear la manera en que estos valores se viven y se integran en la práctica.

Palabras clave: valores personales, deporte mexicano, bienestar, género, toma de decisiones.

**What is most important?
An exploration of values
in Mexican sport**

Abstract

This article explores how personal values, understood as what each person considers important, influence the decisions and well-being of Mexican athletes, proposing the questions: what does it mean to have—or not to have—values? And how can we understand personal values? Through historical and contemporary examples, it analyzes how values such as self-transcendence, openness to change, self-improvement, and conservation guide difficult choices, and how gender, sports culture, and social conditions can shape the way these values are experienced and sink into practice

Keywords: personal values, Mexican sport, well-being, gender, decision-making.





Más allá del jardín:

la presencia histórica de las mujeres en la Botánica (siglos XVII-XIX)

Graciela Velázquez-Delgado*
ORCID: 0000-0001-7997-8658

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl29.136-2>

* Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México.
Contacto: graciela@ugto.mx

Imágenes: Ruth Nohemí Pérez Aguirre.

A lo largo de la historia, la participación femenina en la botánica ha sido constante, aunque invisible en algunas épocas. El objetivo de este texto es examinar los obstáculos sociales, culturales e institucionales que enfrentaron las mujeres que aportaron a esta del siglo XVII al XIX.

La botánica, con orígenes en la Grecia Clásica, es un saber fundamental que describe y clasifica las plantas. A pesar de las contribuciones masculinas reconocidas históricamente: Plinio el Viejo (23-79 d.C.), Joachim Jungius (1587-1657) o Carl Linnaeus (1707-1778), las aportaciones de las mujeres permanecen en la sombra. Actualmente, la botánica ha alcanzado la paridad de género, siendo incluso considerada, en Latinoamérica, por su alta participación, una "ciencia femenina" (Lobato, 2018:236).

TRAYECTORIAS Y RESISTENCIA: DESDIBUJANDO LA FRONTERA ENTRE ARTE Y CIENCIA

Anteriormente, la exclusión de las aulas y los espacios académicos obligó a que muchas de las contribuciones de las mujeres fueran relegadas al ámbito de la ilustración científica. Sus obras se clasificaban en el apartado de "arte", para el cual no era necesaria la educación formal, ocultando el rigor implícito en el trabajo de clasificación y documentación. Al respecto, Sabina Alcaraz (2022) aclara que, a diferencia de éste, la ilustración botánica tiene un propósito preciso: "ilustrar un libro o actuar como registro de una especie o parte de una planta" (pp. 51-52).

Durante las exploraciones coloniales, la investigación botánica fue clave. Aunque las mujeres tenían prohibido unirse a los equipos de científicos y participar en excursiones (a menos que fuera con sus maridos), se encargaban de clasificar las plantas recolectadas una vez que llegaban a destino (Alcaraz, 2022:53). La sociedad las inclinó a la ilustración de flores, ya que se les vedaba pintar individuos y desnudos, encontrando en la vegetación un campo legítimo para desarrollar sus conocimientos y habilidades (Alcaraz, p. 55). Es en este contexto de exclusión que surgen figuras pioneras cuya dedicación al rigor científico las obligó a desafiar las normas sociales e institucionales de su época.

Natalie Zemon Davis (1999) investigó a Maria Sibylla Merian (1647-1717), pionera alemana del siglo XVII en botánica y entomología. Proveniente de una familia de pintores, poseía una excelente ejecución artística, lo que combinó con un profundo rigor científico. A los 52 años, tomó la decisión de abandonar a su marido y viajar a Surinam, una aventura sin precedentes para una mujer de su época. Su objetivo no sólo era "dibujar flores, plantas e insectos con una naturalidad perfecta, también era una observadora enterada de los hábitos de las orugas, las moscas, las arañas y otras criaturas semejantes" (Davis, 1999:177). A pesar de su trabajo pionero, su obra fue relegada durante décadas a un valor meramente estético, sin el reconocimiento de su aporte a la clasificación y documentación científica.

Jeanne Baret (1740-1807) se convirtió en la primera mujer en incorporarse formalmente a un estudio global. Provenía de una familia pobre y, a los 26 años, trabajaba organizando ejemplares naturales junto al botánico Philibert Commerson. Ante la prohibición de enrolarse en expediciones, en 1766, se vistió de hombre y adoptó el nombre de Jean con el objetivo de unirse a una exploración francesa. Gracias a su esfuerzo, recolectó 6,000 especímenes de plantas durante el viaje. Su ingenio para cruzar las barreras institucionales y sociales resalta cómo las mujeres debían transgredir las prohibiciones (relegación al ámbito privado, restricciones de movilidad) si deseaban ejercer la ciencia.



Anna Atkins (1799-1871), botánica inglesa, es reconocida como la primera fotógrafa científica. Heredó el legado y las conexiones de su padre, John George Children (químico y zoólogo). Gracias a su relación con William Henry Fox Talbot y sir John Herschel (inventor del cianotipo), Atkins utilizó esta técnica para crear *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions* (1843), una de las primeras obras ilustradas con fotografías. Su formación científica, apoyada por su círculo familiar, le permitió ser miembro de la Sociedad Botánica de Londres en 1839, un ejemplo de institución que sí reconoció el valor de las mujeres en su disciplina.

Marianne North (1830-1890) desafió las normas victorianas con una vida dedicada al viaje y a la ilustración. Tras el fallecimiento de su madre y luego de su padre, comenzó a recorrer, sola, el mundo para dibujar especies vegetales, visitando Canadá, Jamaica, Japón, Brasil y otros destinos exóticos desde 1871. Esta independencia le valió el apodo de "soltera aventurera", ya que en esa época no era habitual que una mujer se desplazara sin compañía masculina. North donó parte de su vasta obra al Real Jardín Botánico de Kew, donde se le dedicó una galería. Su rigor observacional le facilitó incluso descubrir un género desconocido que fue bautizado en su honor como *Northea seychelliana* (Martínez Pulido, 2014).

La poeta Emily Dickinson (1830-1886) también contribuyó a la botánica. Aunque venía de una familia acomodada que le proveyó educación formal, su vida aislada la llevó a la jardinería y a escribir su *Herbario*, donde describe 424 flores silvestres de Nueva Inglaterra. Su obra más reconocida, la "flor perfecta *Monotropa uniflora*", resalta su rigor observacional (Popova, 2021). Su contribución, inicialmente vista sólo como parte de su labor literaria privada, subraya cómo el ámbito íntimo de las mujeres a menudo ocultaba su quehacer científico.

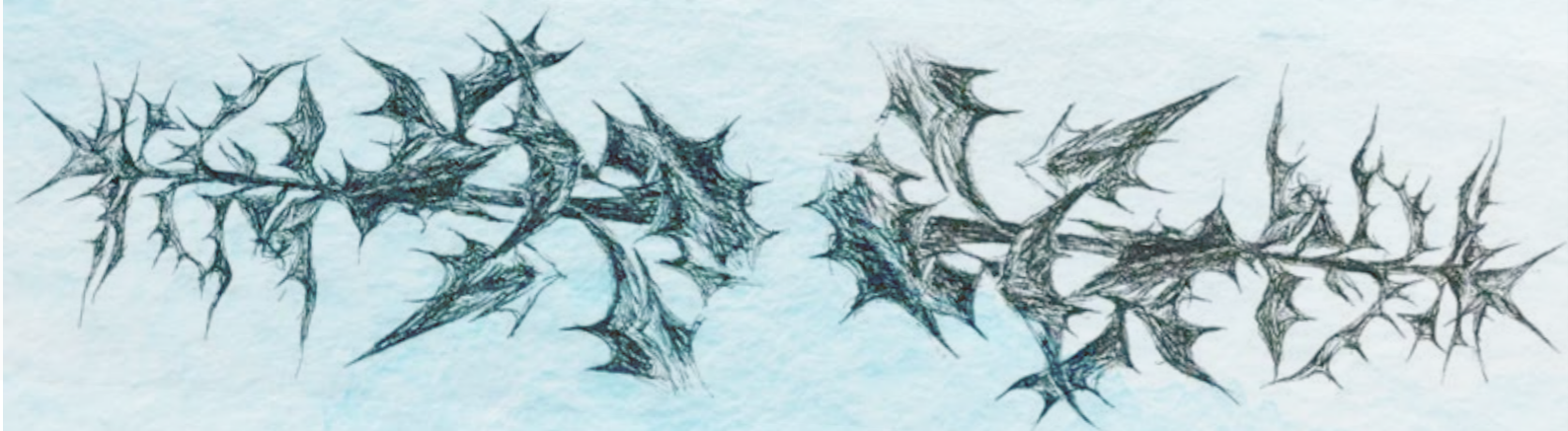
Todo lo mencionado contradice la afirmación de que las mujeres carecían de interés en la ciencia. En dicha exclusión han influido prejuicios, roles sociales y tradiciones culturales. El trabajo de estas botánicas, al igual que las plantas que se abren paso en terrenos inhóspitos, desafió las barreras de su época, demostrando que su contribución científica florecía mucho más allá de los confines del jardín convencionalmente asignado.

CONCLUSIONES

La labor de estas pioneras fue crucial, no sólo por sentar bases científicas que persisten (como señalan los trabajos de Sabina Alcaraz, 2022), sino por desafiar las estructuras institucionales y sociales que las relegaban al ámbito del "arte" o el hogar. Su insistencia en el rigor, ejemplificado en el uso de la fotografía (Atkins) o el viaje en solitario (North), es el antecedente directo de la transformación de género en la disciplina.

Este estudio confirma que el patrón de superación estuvo marcado por la alfabetización (obtenida fuera de la educación formal), que les permitió documentar, clasificar y dejar un legado escrito, diferenciando su aporte del conocimiento empírico tradicional. Esta revaloración es fundamental para entender la evolución de la botánica, que hoy goza de una paridad significativa, e incluso es considerada una "ciencia femenina" en Latinoamérica, según Thaís Lobato de Magalhães (2018).

Sin embargo, para completar esta visibilización histórica, es imperativo no detener el estudio en las figuras europeas y estadounidenses. La investigación futura debe enfocarse en reincorporar a las mujeres botánicas mexicanas y de otras latitudes, cuyas contribuciones en colecciones y herbarios aún esperan ser documentadas y reconocidas dentro de la historiografía científica.



REFERENCIAS

- Alcaraz, Sabina. (2022). Mujeres e ilustración botánica. *EME Experimental Illustrations, Art and Design*, (10), 51-67, <https://doi.org/10.4995/eme.2022.17176>
- Davis, Natalie Z. (1999). *Mujeres en los márgenes. Tres vidas del siglo XVII*, Ediciones Cátedra.
- Lobato de Magalhães, Thaís. (2018). Botánica: una ciencia femenina en Latinoamérica, *Revista de Estudios de Género, La Ventana*, (48), 236-263.
- Martínez-Pulido, Carolina. (2014, 1 de octubre). Marianne North, excelente ilustradora científica, *Mujeres con Ciencia*, <https://mujeresconciencia.com/2014/10/01/marianne-northexcelente-ilustradora-cientifica/>
- Popova, Maria. (2021, 2 de julio). Perfect Flowers: Adventures in Nature's Nonbinary Botany, with a Side of Emily Dickinson, *The Marginalian*, <https://www.themarginalian.org/2021/07/02/perfect-flowers-emily-dickinson/>
- The Public Domain Review. (2015, 2 de diciembre). *Cyanotypes of British Algae by Anna Atkins (1843)*, <https://publicdomainreview.org/collection/cyanotypes-of-british-algae-byanna-atkins-1843/>.
- Vega y Ortega Báez, Rodrigo A. (2014). Zoología y Botánica en los impresos femeninos de la Ciudad de México, 1839-1856, *Iberoamericana*, 13(51), 27-46.

Recibido: 01/10/2025
Aceptado: 05/12/2025

Descarga aquí nuestra versión digital.



Más allá del jardín: la presencia histórica de las mujeres en la Botánica (siglos XVII-XIX)

Resumen

Este texto explora la subrepresentación histórica de las mujeres en la botánica, a pesar de su constante participación. Si bien la botánica tiene raíces antiguas y contribuciones masculinas reconocidas, las aportaciones femeninas permanecen en gran parte ocultas por la carencia de fuentes y la naturaleza de su trabajo, a menudo considerado como "arte" en lugar de ciencia. El objetivo es analizar los obstáculos sociales, culturales e institucionales que enfrentaron estas mujeres a lo largo del siglo XVII hasta el XIX.

Palabras clave: botánica, mujeres, ilustración científica, género, siglos XVII-XIX.

Beyond the garden: The historical presence of women in botany (17th–19th Centuries)

Abstract

This text explores the historical under-representation of women in botany, despite their constant participation. While botany has ancient roots and recognised male contributions, female contributions largely remain hidden due to a lack of sources and the nature of their work, often considered "art" rather than science. The goal is to analyse the social, cultural, and institutional obstacles faced from the 17th to the 19th centuries.

Keywords: botany, women, scientific illustration, gender, 17th -19th centuries.





Ejes

Plomo, cadmio y arsénico:

los villanos silenciosos

María Rocío Alfaro-Cruz*
ORCID: 0000-0002-7306-2240

Edith Luévano-Hipólito*
ORCID: 0000-0003-2988-405X

Leticia Myriam Torres-Martínez*,**
ORCID: 0000-0003-3328-0240

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl29.136-3>

EL PROBLEMA DE LOS METALES PESADOS

Recientemente, la frase "contaminación por metales pesados" tomó una gran relevancia entre la población del Área Metropolitana de Monterrey (AMM) luego de que se publicara un artículo en el periódico *The Guardian* y el sitio *El Quinto Elemento* (McCormick, García de León, 2025), en el que se reportaba que la contaminación por metales pesados como plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As) en el municipio de San Nicolás de los Garza rebasaba los niveles permitidos para evitar riesgos a la salud. Tal exceso ha provocado que entre los habitantes del AMM surjan distintas afecciones: rinitis respiratoria, enfermedades pulmonares o, incluso, el desarrollo de diferentes tipos de cáncer (McCormick, García de León, 2025).

Por tal motivo, en este documento se presenta un análisis de estos tres metales pesados: Pb, Cd y As, encontrados en el AMM, cuyo problema radica en la dificultad de ser eliminados del cuerpo humano

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
** Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C. (CIMAV), Chihuahua, México.
Contacto: malfaroc@uanl.edu.mx, edith.luevanohp@uanl.edu.mx, leticia.torresgr@uanl.edu.mx

una vez adsorbidos, lo que causa daños a diferentes órganos vitales, los cuales desencadenaran graves trastornos de salud. A continuación, se destaca información relevante y, en la figura 1, se muestra un resumen de donde los podemos encontrar en productos usados en la vida diaria.

Plomo (Pb)

El plomo es uno de los metales pesados que podemos encontrar en cantidades seguras en aditivos para pinturas o en la preparación y almacenamiento de alimentos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la exposición desmedida al plomo afecta significativamente a los niños pequeños, ya que impacta principalmente el desarrollo del sistema nervioso central. Mientras que, en los adultos, aumenta el riesgo de hipertensión arterial, problemas cardiovasculares, daño renal, entre otros (World Health Organization, 2024).

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-199-SSA1-2000), un valor aceptable de plomo en sangre en niños, mujeres embarazadas y en periodo de lactancia es de 10 µg/dl, mientras que concentraciones mayores de 25 µg/dl son altamente peligrosas y es necesario notificarlo a las autoridades sanitarias con el fin de tomar las acciones debidas (Secretaría de Salud, 2000). En 2020 se reportó una acumulación de 1673.3 mg/kg de Pb en el suelo agrícola de la comunidad de San Felipe de Jesús, Sonora, esta rebasa 4.2 veces la cantidad permitida por las normas mexicanas, lo cual es extremadamente peligroso para los habitantes y los consumidores de los productos agropecuarios provenientes de la región (Loredo-Portales *et al.*, 2020; Briseño-Bugarín *et al.*, 2024).

Cadmio (Cd)

El cadmio es uno de los metales pesados utilizados en baterías, pigmentos, aleaciones, celdas solares, etcétera, y se acumula en los efluentes acuíferos, suelos y en cosechas agrícolas cuando no se tiene un tratamiento responsable de sus desechos (ATSDR Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016). Se estima que la adsorción de cadmio por alimentos contaminados en los niños puede ser mayor al 44%, causando daños en hígado y riñones (Cantoral *et al.*, 2024).

Recientemente, un grupo de investigadores reportó altos niveles de cadmio en diversos productos del campo: hongos ostra (0.575 mg/kg), lechuga romana (0.335 mg/kg), cocoa en polvo (0.289 mg/kg) y chile ancho (0.059 mg/kg) en la Ciudad de México. En donde las concentraciones de este metal excedían los máximos permitidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la OMS (Cantoral *et al.*, 2024).

Arsénico (As)

Según la OMS, el arsénico es uno de los diez elementos más preocupantes para la salud pública, ya que las principales fuentes de exposición son a través del uso de efluentes de agua y alimentos contaminados (Organización Mundial de la Salud, 2022). La NOM-127-SSA1-2021 establece un límite permisible de 0.025 mg/L (Diario Oficial de la Federación, 2021a). Sin embargo, entre 2018-2019 se encontró presencia excesiva de dicho metal en cinco pozos de agua subterránea utilizada en las principales ciudades mexicanas

(Curiel, Mena, 2021). Esto implica altos riesgos en la salud de la población que la consume, ya que se ha reportado que alrededor de 1.5 millones de personas en México beben este líquido, lo que podría estar relacionado con el incremento de los casos de cáncer (Alarcón-Herrera *et al.*, 2020).

Asimismo, se han encontrado altas concentraciones de As en regiones específicas de Hidalgo, San Luis Potosí, Baja California Sur, Zacatecas y Morelos. A modo de ejemplo, se destacan las de Matehuala, SLP, superiores a los 8.684 $\mu\text{g}/\text{l}$ en agua para beber, y de hasta 27.945 y 28.600 $\mu\text{g}/\text{g}$ en los suelos y sedimentos, respectivamente (Osuna-Martínez *et al.*, 2021).

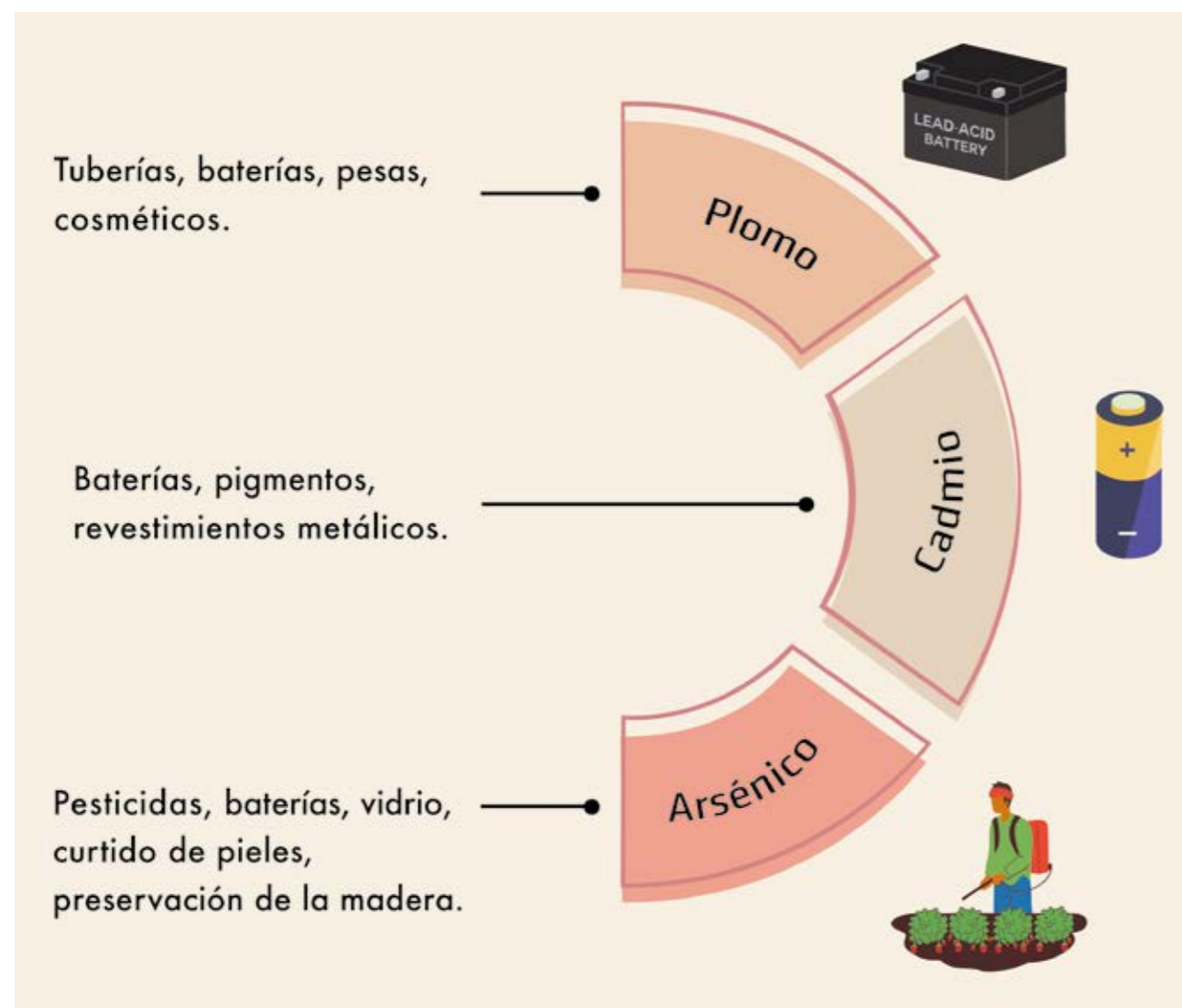


Figura 1. Aplicaciones del Pb, Cd y As en productos de la vida diaria (fuente: elaboración propia).

¿QUÉ SOLUCIONES EXISTEN?

Ya que la principal fuente de contaminación de metales pesados proviene del sector industrial y minero, es difícil que los ciudadanos podamos poner fin a este tipo de problemas utilizando nuestros propios medios. Para resolverlos, el gobierno de México implementó el Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados 2021-2024. Actualmente, se tienen alrededor de 594 zonas potencialmente dañadas según estudios de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), destacando las que se encuentran en Veracruz, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Colima, Estado de México, Michoacán, Chihuahua, Aguascalientes y San Luis Potosí (Diario Oficial de la Federación, 2021b).

Por otro lado, diferentes grupos de investigación han propuesto estrategias para remover o adsorber metales pesados de los efluentes acuíferos. La técnica más usada hasta el momento es la adsorción, en la cual el metal es transferido de la fase líquida a una sólida con el uso de materiales porosos. No obstante, esta sólo transfiere el metal pesado de una fase a otra, por lo que se ha propuesto complementarla con otros procedimientos como precipitación química, intercambio iónico, filtración por membrana, coagulación-floculación, flotación, métodos electroquímicos y procesos avanzados de oxidación (Fenglian, Wang, 2011). Estos últimos se basan en la implementación de la fotocatalisis, una tecnología limpia con la que se logra descontaminar el agua a través de sistemas de oxidación y reducción. Para llevarlos a cabo es necesario que el material semiconductor se encuentre en un medio acuoso y sea irradiado con la energía suficiente, de tal forma que pueda generar pares electrón-hueco y de esta manera sucedan las reacciones de oxidación y reducción y, por consiguiente, la remoción de metales pesados (figura 2).

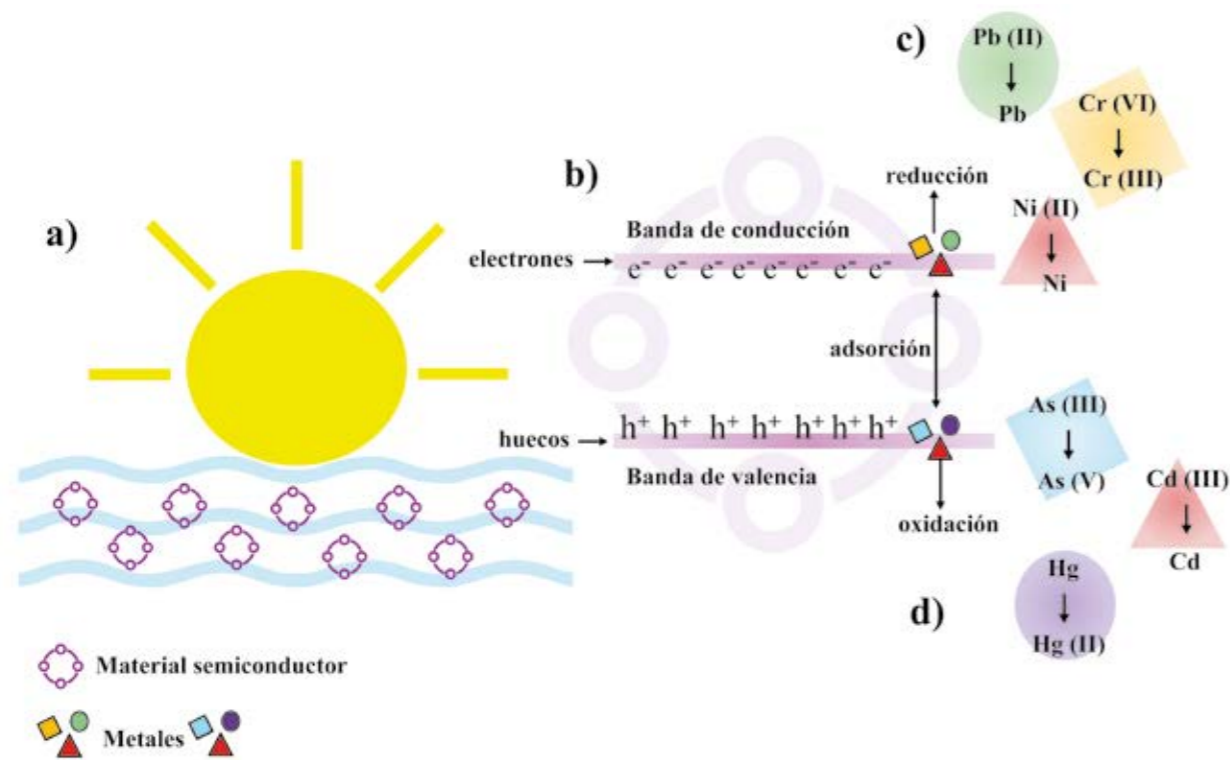


Figura 2. Proceso fotocatalítico para la remoción de metales pesados en agua. (a) El semiconductor se encuentra en un medio acuoso y es irradiado por una fuente de luz; (b) el material semiconductor es capaz de generar electrones (carga negativa) y huecos (carga positiva), los cuales se localizan en las bandas de conducción y de valencia, respectivamente. Una vez adsorbido el material en la superficie del semiconductor (c) los electrones realizan procesos de reducción, mientras que los huecos (d) realizan los procesos de oxidación de los metales pesados, llevándolos a su estado de oxidación más estable y menos contaminante (fuente: elaboración propia).

En este sentido, grupos de trabajo mexicanos han logrado exitosamente la remoción de arsénico (As III), alcanzando una oxidación del 99% y valores por debajo del límite permitido por la OMS ($< 10 \mu\text{g L}^{-1}$) (Rivera-Reyna *et al.*, 2013; Garza-Arévalo *et al.*, 2016; Navarrete-Magaña *et al.*, 2021). También se ha reportado la capacidad de adsorción de Cd de las zeolitas provenientes de Sonora, las cuales pueden adsorber hasta 4.02 mg/g de Cd (Cortés-Martínez *et al.*, 2009). Por otro lado, la remoción de Pb no ha sido explorada a detalle en México a través de dicha técnica; no obstante, investigadores de Durango han publicado el uso de biosurfactantes y extracto de agave para la remoción de este metal de aguas residuales (Alcázar-Medina *et al.*, 2019).

Los logros recientes demuestran que la aplicación de esta tecnología permitiría remover eficazmente metales pesados de efluentes acuosos mediante diferentes etapas: adsorción de iones metálicos, separación y transferencia de portadores de carga fotogenerados y la absorción de energía solar, impulsando así la eliminación de iones metálicos altamente tóxicos del medio ambiente.

No obstante, existen algunas limitantes sobre la remoción de estos metales pesados a partir de la fotocatalisis. Por ejemplo, a diferencia de contaminantes orgánicos que pueden ser degradados hasta productos inocuos (CO_2 y H_2O), los metales pesados no se degradan, sino que deben ser convertidos a una forma (estado de oxidación) menos tóxica. Conseguirlo requiere mecanismos distintos, como los compuestos insolubles, que dependen del potencial redox del metal, el pH de la solución, la presencia de agentes complejantes y la naturaleza del fotocatalizador (Ajiboye, Oyewo, Onwudiwe, 2021).

También hay retos asociados a la selectividad de la reacción, ya que la coexistencia de otros iones o materia orgánica puede interferir en la eficiencia de la remoción de estos contaminantes. Por ello, se requieren condiciones específicas de operación para lograrla de manera efectiva.

También hay retos asociados a la selectividad de la reacción, ya que la coexistencia de otros iones o materia orgánica puede interferir en la eficiencia de remoción. Por ello, se requieren condiciones específicas de operación para lograr una remoción efectiva de estos contaminantes.

CONCLUSIONES

La presencia de metales pesados en el medio ambiente (agua, aire y suelo) es un problema crítico que se debe atender inmediatamente con el objetivo de evitar daños crónicos en la salud de la población del AMM. En este documento se aborda la exploración de diversas técnicas en la eliminación de metales pesados de soluciones acuosas como estrategia para coadyuvar su mitigación en el medio ambiente.

Se mencionó que su remoción se ha llevado a cabo tradicionalmente mediante adsorción y precipitación química por su simplicidad y economía. Y en la última década la fotocatalisis heterogénea se ha convertido

en una tecnología altamente prometedora para la eliminación de metales con alta eficiencia y bajo consumo de energía. Además, esta, a diferencia de procesos tradicionales como la precipitación o la adsorción, no introduce nuevos contaminantes al agua y puede adaptarse a sistemas de flujo continuo, reactores solares o tratamientos por lotes, lo que la hace versátil para distintas escalas. A pesar de los numerosos avances, tales estrategias aún se encuentran en la etapa de laboratorio, por lo que quedan muchos desafíos importantes por abordar.

REFERENCIAS

Ajiboye, Timothy O., Oyewo, Opeyemi A., Onwudiwe, Damian C. (2021). Simultaneous removal of organics and heavy metals from industrial wastewater: A review, *Chemosphere*, 262, 128379, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128379>

Alarcón-Herrera, María T., Martín-Alarcón, Daniel A., Gutiérrez, Mélida, *et al.* (2020). Co-occurrence, possible origin, and health-risk assessment of arsenic and fluoride in drinking water sources in Mexico: Geographical data visualization, *Science of The Total Environment*, 698, 134168, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134168>

Alcázar-Medina, F.A., Núñez-Núñez, C.M., Rodríguez-Rosales, M.D.J., *et al.* (2019). Lead removal from aqueous solution by spherical agglomeration using an extract of Agave lechuguilla Torr. as biosurfactant, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 19(1), 71-84, <https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio491>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016). *Resúmenes de Salud Pública-Cadmio (Cadmium)*, https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html#:~:text=La OSHA ha establecido un,jornada diaria de 8 horas

Briseño-Bugarín, Jorge, Araujo-Padilla, Xelha, Escot-Espinoza, Víctor M., *et al.* (2024). Lead (Pb) Pollution in Soil: A Systematic Review and Meta-Analysis of Contamination Grade and Health Risk in Mexico, *Environments*, 11(3), 43, <https://doi.org/10.3390/environments11030043>

Cantoral, Alejandra, Collado-López, Sonia, Betanzos-Robledo, Larissa, *et al.* (2024). Dietary Risk Assessment of Cadmium Exposure Through Commonly Consumed Foodstuffs in Mexico, *Foods*, 13(22), 3649, <https://doi.org/10.3390/foods13223649>

Cortés-Martínez, Raúl, Solache-Ríos, Marcos, Martínez-Miranda, Verónica, *et al.* (2009). Removal of Cadmium By Natural and Surfactant-Modified Mexican Zeolitic Rocks in Fixed Bed Columns, *Water, Air, and Soil Pollution*, 196(1-4), 199-210, <https://doi.org/10.1007/s11270-008-9769-x>

Curiel, Patricia, Mena, Gibrán. (2021). Veneno en mi agua, *Quinto Elemento Lab*, <https://quintoelab.org/project/veneno-en-mi-agua>

Diario Oficial de la Federación. (2021a). *NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua*, https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5650705

Diario Oficial de la Federación. (2021b). *Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados 2021-2024*, https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5634656&fecha=05/11/2021#gsc.tab=0

Fenglian, Fu, Wang, Qi. (2011). Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review, *Journal of Environmental Management*, 92(3), 407-418, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.011>

Garza-Arévalo, J.I., García-Montes, I., Hinojosa-Reyes, M., *et al.* (2016). Fe doped TiO₂ photocatalyst for the removal of As(III) under visible radiation and its potential application on the treatment of As-contaminated groundwater, *Materials Research Bulletin*, 73, 145-152, <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2015.08.034>

Loredo-Portales, René, Bustamante-Arce, Jesús, González-Villa, Héctor N., *et al.* (2020). Mobility and accessibility of Zn, Pb, and As in abandoned mine tailings of northwestern Mexico, *Environmental Science and Pollution Research*, 27(21), 26605-26620, <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09051-1>

McCormick, Erin, García de León, Verónica. (2025a). Revealed: US hazardous waste is sent to Mexico – where a ‘toxic cocktail’ of pollution emerges, *The Guardian*, <https://www.theguardian.com/us-news/ng-interactive/2025/jan/14/monterrey-mexico-steel-us-toxic-waste>

McCormick, Erin, García de León, Verónica. (2025). Encuentran ‘coctel tóxico’ en casas y escuelas de la zona metropolitana de Monterrey, *El Quinto Elemento*, <https://quintoelab.org/project/https-coctel-toxico-residuos-peligrosos-zinc-monterrey>

Navarrete-Magaña, Michelle, Estrella-González, Alberto, May-Ix, Luis, *et al.* (2021). Improved photocatalytic

oxidation of arsenic (III) with WO₃/TiO₂ nanomaterials synthesized by the sol-gel method, *Journal of Environmental Management*, 282 (February 2020), <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111602>

Organización Mundial de la Salud. (2022). *Arsénico*, <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

Osuna-Martínez, C. Cristina, Armienta, María A., Bergés-Tiznado, Magdalena E., *et al.* (2021). Arsenic in waters, soils, sediments, and biota from Mexico: An environmental review, *Science of The Total Environment*, 752, 142062, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142062>

Rivera-Reyna, Nidia, Hinojosa-Reyes, Laura, Guzmán-Mar, Jorge L., *et al.* (2013). Photocatalytical removal of inorganic and organic arsenic species from aqueous solution using zinc oxide semiconductor, *Photochemical and Photobiological Sciences*, 12(4), 653-659, <https://doi.org/10.1039/c2pp25231g>

Secretaría de Salud. (2000). *NORMA Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000, salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente*, [https://salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/199ssa10.html#:~:text=6.1](https://salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/199ssa10.html#:~:text=6.1%20El%20valor%20criterio%20para%20de%2025%20m%20g%2Fdl) El valor criterio para, de 25 m g%2Fdl

World Health Organization. (2024). *Lead poisoning*, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>

Recibido: 03/03/2025
Aceptado: 07/05/2025

Descarga aquí nuestra versión digital.



Plomo, cadmio y arsénico: los villanos silenciosos

Resumen

La presencia de metales pesados en recursos naturales como el agua, aire y suelos representa un problema crítico que es urgente de atender para evitar el daño progresivo en la salud de la población. A modo de referencia, este documento presenta un análisis de los efectos de tres metales pesados: plomo, cadmio y arsénico, cuyo problema radica en la dificultad de ser eliminados del cuerpo humano una vez adsorbidos. Por lo que, se presenta la aplicación de procesos avanzados de oxidación como una alternativa factible para coadyuvar a su remoción de efluentes acuáticos y evitar el daño crónico en la salud de las personas del AMM.

Palabras clave: contaminación por metales pesados; metales tóxicos; salud pública, semiconductores; fotocatalisis.

Lead, cadmium, and arsenic: the silent villains

Abstract

The presence of heavy metals in natural resources such as water, air, and soil represent a critical problem that urgently needs addressing to prevent progressive population health damage. As a reference, this document presents an effect analysis for three heavy metals, lead, cadmium, and arsenic, whose problem lies in the difficulty of being eliminated from the human body once adsorbed. Therefore, the application of advanced oxidation processes is presented as a feasible alternative to assist in their removal from aqueous effluents and prevent chronic damage to the health of people in the AMM.

Keywords: heavy metal pollution, toxic metals, public health, semiconductors, photocatalysis.

— •  • —

SECCIÓN ACADÉMICA

***Akkermansia muciniphila:* de bacteria desconocida a probiótico prometedor**

— •  • —

***Akkermansia muciniphila:* de bacteria desconocida a probiótico prometedor**

Olga C. Rojas*
ORCID: 0000-0001-7717-7072

Cintia Amaral-Montesino**
ORCID: 0000-0002-8119-6046

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl29.136-4>

RESUMEN

Akkermansia muciniphila es una bacteria residente del tracto gastrointestinal. Desde su descubrimiento, ha despertado interés en la comunidad científica debido a su papel en el metabolismo y la salud humana. Su disminución a nivel intestinal se asocia con enfermedades como la obesidad y la diabetes tipo 2. Se han identificado varios mecanismos a través de los cuales ayuda a mantener el equilibrio del epitelio intestinal. Estudios en animales y en humanos han demostrado que la administración de *A. muciniphila* se asocia a mejoras en los perfiles bioquímicos y reducción de la inflamación lo que la convierte en un probiótico con gran potencial terapéutico.

Palabras clave: *Akkermansia muciniphila*, microbiota intestinal, probióticos, obesidad, metabolismo

ABSTRACT

Akkermansia muciniphila is a resident bacterium of the gastrointestinal tract. Since its discovery, it has attracted considerable interest within the scientific community due to its role in metabolism and human health. Its reduction at the intestinal level is associated with diseases such as obesity and type 2 diabetes. Several mechanisms have been identified throughout which it helps to maintain the balance of the intestinal epithelium. Animal and human studies have shown that the administration of *A. muciniphila* is associated with improvements in biochemical profiles and reduced inflammation, making it a probiotic with great therapeutic potential.

Keywords: *Akkermansia muciniphila*, gut microbiota, probiotics, obesity, metabolism.

La microbiota intestinal es esencial para mantener el equilibrio de nuestro metabolismo y regular procesos de manera adecuada. En los últimos años se ha documentado que el desequilibrio de dicha microbiota, llamado disbiosis, juega un papel importante en la progresión y desarrollo de ciertas enfermedades metabólicas: resistencia a la insulina, hígado graso, inflamación leve y el deterioro de la barrera intestinal. El intestino esta principalmente colonizado por diferentes microorganismos; *Akkermansia muciniphila* es una bacteria que vive de forma natural en el tracto gastrointestinal y constituye una pequeña fracción de la microbiota.

Desde su descubrimiento en 2004, ha despertado un creciente interés en la comunidad científica debido a su papel en el mantenimiento del metabolismo y la salud humana. Su abundancia intestinal se asocia con un estado metabólico favorable, mientras que su disminución se relaciona con diversas enfermedades. Desde su descripción, hace poco más de dos décadas, se ha identificado una serie de mecanismos de acción mediante los cuales *A. muciniphila*, a través de sus metabolitos, contribuye a preservar el equilibrio y mantener la integridad del epitelio intestinal, reestablecer el espesor de la capa de moco y modular el sistema inmune.

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
Contacto: carolroj@hotmail.com

** Universidad de Monterrey, Monterrey, México.
Contacto: cintia.amaral@udem.edu

La disbiosis del intestino, caracterizada por la reducción de esta bacteria, se ha vinculado a diversos desórdenes metabólicos como la enfermedad inflamatoria intestinal, diabetes mellitus tipo 2, el sobrepeso y la obesidad. Estudios en modelos murinos y en seres humanos han demostrado que la administración de *A. muciniphila* se asocia a mejoras en los perfiles bioquímicos, reducción de la inflamación y pérdida de peso, lo que la convierte en un probiótico con gran potencial terapéutico.

AKKERMANSIA MUCINIPHILA

En 2004, Muriel Derrien, con la dirección del profesor Willem de Vos y un equipo de investigadores en una universidad en los Países Bajos, aislaron por primera vez *A. muciniphila* y la describieron como un bacilo gramnegativo, inmóvil, anaerobio estricto y capaz de degradar mucina, un componente del moco intestinal, de donde proviene su nombre. El moco resguarda la mucosa y la mucina representa una fuente de carbono y energía para la microbiota intestinal, al degradarla estimula al intestino a generar más moco protector.

A. muciniphila coloniza el tracto intestinal desde etapas tempranas de la vida, constituye 3% de la microbiota en adultos sanos. Su función es degradar mucina y al hacerlo produce ácidos grasos de cadena corta (propionato y acetato), que son sustratos para otras bacterias que habitan de forma natural en la misma área, todo esto contribuye al equilibrio de la microbiota. Su abundancia se asocia con un mejor estado de salud, mientras que su disminución se ha vinculado a enfermedades metabólicas.

Hoy entendemos con mayor claridad que la microbiota no sólo participa en la digestión, sino que

influye en procesos clave del metabolismo humano. El descubrimiento de nuevas especies ha revelado el papel de estas bacterias en la regulación del sistema inmune y en la comunicación con el cerebro, a través del fascinante eje intestino-cerebro.

EVIDENCIA CIENTÍFICA

La composición de la microbiota está influenciada por distintos factores: estilo de vida, nutrición, medio ambiente, edad e incluso la genética. Entre todos ellos, la dieta desempeña un papel central. Una alimentación rica en fibra proveniente de frutas y verduras favorece la diversidad microbiana y estimula la producción de ácidos grasos de cadena corta a través de la fermentación, compuestos clave para el buen funcionamiento intestinal y metabólico.

En contraste, la llamada dieta occidental, baja en fibra, pero alta en carbohidratos refinados y grasas saturadas, se asocia con una mayor permeabilidad intestinal y con un estado de endotoxemia que promueve la inflamación crónica (figura 1). En modelos animales alimentados con un régimen rico en grasa e inducidos a la obesidad, el tratamiento con *A. muciniphila* mostró efectos beneficiosos, incluyendo una mejora en el metabolismo, disminución de peso, reducción de la inflamación, una mayor tolerancia a la glucosa y una recuperación del hígado graso generado por este tipo de dieta.

Los estudios en personas obesas han reportado índices bajos de *A. muciniphila* a nivel intestinal. Su correlación inversa entre su abundancia y las enfermedades metabólicas observado en investigaciones clínicas la han posicionado como un potencial probiótico. Aunque los análisis en humanos son aún limitados,

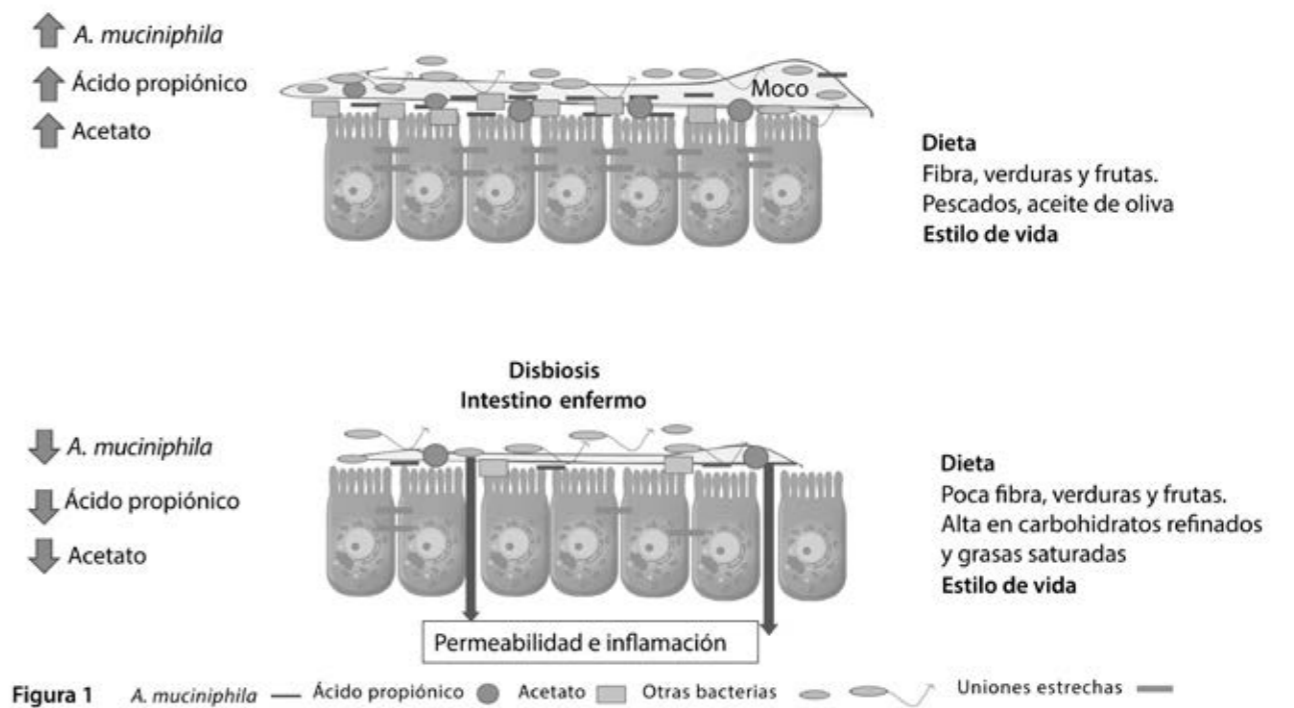


Figura 1 *A. muciniphila* — Ácido propiónico ● Acetato ■ Otras bacterias — Uniones estrechas —

en voluntarios con sobrepeso y con obesidad se ha demostrado que la administración de *A. muciniphila* viva y pasteurizada es segura. Este tratamiento logró reducir marcadores sanguíneos asociados con disfunción hepática e inflamación, esto lo convierte en una posible terapia viable para mejorar la salud intestinal.

Algunos padecimientos, entre ellos la obesidad y la diabetes tipo 2, se relacionan con una mayor permeabilidad intestinal y una inflamación crónica. La prescripción de *A. muciniphila* como probiótico abre una ventana prometedora, pues se trata de un coadyuvante en el control de ciertas enfermedades.

UN INTERÉS PARTICULAR

Desde que surgió el interés por estudiar esta bacteria, nos sigue sorprendiendo la manera en que sus mecanismos moleculares la perfilan como un potencial probiótico. La capa de moco sobre el epitelio intestinal constituye un componente estructural del

intestino de los mamíferos. Las células caliciformes de dicho órgano producen mucina que recubre el epitelio colónico y junto con las uniones estrechas celulares juegan un papel importante en la modulación de la permeabilidad.

En investigaciones experimentales realizadas en el laboratorio (estudios *in vitro*) se han identificado proteínas de membrana externa involucradas en la inmunorregulación de la barrera intestinal. *A. muciniphila* también mejora la secreción de citocinas proinflamatorias (TNF- α , IL-6) aumenta las citocinas antiinflamatorias (IL-10) en obesidad. Los efectos favorables se han atribuido a componentes celulares específicos y moléculas bioactivas, incluyendo las proteínas de membrana. Recientes descubrimientos de cascadas y vías de señalización celular sugieren beneficios metabólicos adicionales.

Hace poco, en un estudio, realizamos una intervención nutricional en trabajadores de tres centros educativos en un municipio de Nuevo León, previo consentimiento informado. Un total de 69 participantes fueron incluidos. Se indicaron alimentos que

favorecen el crecimiento de *A. muciniphila*: consumo regular de verduras y hortalizas, frutas, legumbres, reducción de carnes rojas y embutidos, pescado tres veces por semana. La grasa sugerida fue el aceite de oliva en preparaciones en frío y para cocinar el de aguacate. Se incluyeron componentes de la dieta prehispánica mexicana: maíz, frijoles, nopal, chía, aguacate y cacao. En este trabajo pudimos constatar un incremento de los niveles de *A. muciniphila* en muestras de heces después de la intervención. Aunque se trató de un análisis pequeño y con limitaciones, los hallazgos resultaron muy alentadores.

El conocimiento del equilibrio intestinal es fundamental, ya que numerosos artículos han demostrado que tanto la alteración en la producción de la mucina como la disbiosis, se asocian estrechamente con el desarrollo de algunas enfermedades (obesidad y diabetes tipo 2). Esto ha intensificado el interés en su composición y en las estrategias para modularla, las cuales van desde el trasplante de microbiota fecal hasta el uso de probióticos y prebióticos. El primero se ha convertido en un tratamiento de la disbiosis, novedoso en la reducción de toxinas intestinales, en casos de pacientes urémicos y en diabetes tipo 2.

Los prebióticos corresponden a alimentos que estimulan el crecimiento de microorganismos beneficiosos, con un papel esencial en el mantenimiento de la microbiota intestinal y en el fortalecimiento del sistema inmune. En este contexto, una alimentación adecuada y el conocimiento de *A. muciniphila* la posicionan como una bacteria prometedora, potencial candidata probiótica para la prevención y el tratamiento de diversas enfermedades.

AKKERMANSIA MUCINIPHILA EL PROBIÓTICO DE NUEVA GENERACIÓN

Los probióticos se conocen desde principios del siglo pasado como formulaciones que contienen organismos vivos –principalmente bacterias o levaduras–, utilizados a manera de suplementos con efectos beneficiosos para la salud. Los primeros en emplearse pertenecieron al género *Lactobacillus*, algunas de cuyas especies fueron incorporadas al yogur. Con el tiempo, se adicionaron otras bacterias: *Streptococcus acidophilus* y *Bifidobacterium* spp. Asimismo, levaduras, *Saccharomyces* spp. y *Kluyveromyces* spp., han demostrado ser coadyuvantes en el tratamiento de enfermedades intestinales, en especial en casos de diarrea.

Desde la primera descripción de *A. muciniphila* se establecieron las bases para investigar su función en el cuerpo humano. Además de los estudios *in vitro*, modelos animales y los limitados ensayos clínicos en personas que la han utilizado como suplemento en diferentes formulaciones: bacteria viva, pasteurizada o derivados proteicos de esta, han mostrado efectos beneficiosos en el metabolismo, por ejemplo, la restauración de la integridad de la barrera intestinal y una mejoría en la inflamación sistémica (tabla I), lo que ha permitido que *A. muciniphila* se vuelva una alternativa prometedora de probiótico.

Tabla I. Uso de probióticos tradicionales y *Akkermansia muciniphila*.

Uso	Probióticos tradicionales (<i>Lactobacillus</i> , <i>Bifidobacterium</i> , <i>Saccharomyces</i>)	<i>Akkermansia muciniphila</i>
Tiempo de uso.	Décadas de uso en alimentos fermentados y suplementos.	Descubierta en 2004; uso como probiótico reciente.
Localización en el intestino.	Luz intestinal y colon.	Capa de moco que recubre el intestino.
Mecanismo de acción.	Regulación de la microbiota, producción de ácido láctico, apoyo de la digestión de manera general.	Fortalece la barrera intestinal, modula la inmunidad y el metabolismo de forma específica.
Evidencia científica.	Beneficio sobre la glucosa y peso.	Resultados consistentes en modelos animales y ensayos en humanos para obesidad y resistencia a la insulina.
Efecto sobre la barrera intestinal.	Indirecto.	Directo, aumenta el espesor de la capa de moco y proteínas de uniones estrechas.
Inflamación.	Reducción leve de marcadores inflamatorios.	Reducción más marcada de inflamación metabólica.
Seguridad.	Consumo seguro.	Bacteria pasteurizada muestra perfil de seguridad.
Forma disponible.	Yogures, alimentos fermentados, cápsulas.	Aún no disponible en todos los países.
Ventaja.	Tradicición, accesibilidad y seguridad comprobada.	Mecanismo específico para obesidad, resistencia a la insulina, diabetes tipo 2, hepatopatías, inflamación metabólica, integridad de la barrera intestinal.

CONCLUSIONES

La evidencia obtenida en modelos animales, junto con el conocimiento de sus metabolitos, proteínas de membrana y mecanismos de señalización celular, ha impulsado su estudio en humanos. Ensayos clínicos han demostrado que la administración de *A. muciniphila* viva y pasteurizada es segura en las dosis utilizadas, lo que la sitúa a la par de otros probióticos tradicionales y la proyecta como representante destacado de los de nueva generación.

REFERENCIAS

Fernandes-Rodrigues, Vanessa, Elias-Oliveira, Jefferson, Sousa-Pereira, Ítalo, *et al.* (2022). *Akkermansia muciniphila* and gut immune system: A good friendship that attenuates inflammatory bowel disease, obesity, and diabetes, *Frontiers in Immunology*, 13, 934695, <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.934695>

Ma, Junli, Liu, Zekun, Gao, Xinxin, *et al.* (2023). Gut microbiota remodeling improves natural aging-related disorders through *Akkermansia muciniphila* and its derived acetic acid, *Pharmacological Research*, 189, 106687, <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2023.106687>

Wu, Wenriu, Kaicen, Wang, Bian, Xiaoyuan, *et al.* (2023). *Akkermansia muciniphila* alleviates high-fat-diet-related metabolic-associated fatty liver disease by modulating gut microbiota and bile acids, *Microbial Biotechnology*, 16(10), 1924-1939, <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14293>

Derrien, Muriel, Vaughan, Elaine E., Plugge, Caroline M., *et al.* (2004). *Akkermansia muciniphila* gen. nov., sp. nov., a human intestinal mucin-degrading bacterium, *Int. Jour. of Syst. and Evol. Mic.*, 54(5), 1469-1476, <https://doi.org/10.1099/ijs.0.02873-0>

Karamzin, Andrei M., Ropot, Anastacia V., Sergeyev, Oleg V., *et al.* (2021). *Akkermansia muciniphila* and host interaction within the intestinal tract, *Anaerobe*, 72, 102472, <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2021.102472>

Tanes, Ceylan, Bittinger, Kyle, Gao, Yuan, *et al.* (2021). Role of dietary fiber in the recovery of the human gut microbiome and its metabolome, *Cell Host & Microbe*, 29(3), 394-407.e5, <https://doi.org/10.1016/j.chom.2020.12.012>

Recibido: 24/10/2025
Aceptado: 05/12/2025

Descarga aquí nuestra versión digital.



IMAGINARIA

La revista *CIENCIA UANL* te invita a publicar tus cuentos de ciencia ficción, dibujos, poemas, cómics o fotografías en la sección imaginaria, un espacio dedicado a las muestras artísticas.

Si estás interesado, manda un correo a esta dirección revista.ciencia@uanl.mx para mayor información



¿Micelio fúngico en lugar de unicel?

La revolución

de los biomateriales sustentables

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl29.136-5>

Karla Ivette Pacheco-Vázquez*
ORCID: 0009-0006-0502-3326

Juana Lira-Pérez*

Mayola García-Rivero*

Cada día se generan enormes cantidades de desechos, como envases de poliestireno expandido (unicel), un material ampliamente utilizado en recipientes, embalajes y productos de aislamiento térmico. Sin embargo, el uso de unicel tiene graves consecuencias ambientales, ya que no es biodegradable, tarda más de 500 años en descomponerse y al ser de difícil reciclaje, se acumula en basureros, ríos y océanos. Por otro lado, las partículas de estos desechos que llegan a cuerpos de agua son ingeridas por peces y otras especies acuáticas, lo que afecta la cadena trófica (Muiruri *et al.*, 2023). Adicionalmente, durante su producción y descomposición, en el ambiente se liberan sustancias contaminantes que ensucian el aire y dañan la salud humana (Geyer *et al.*, 2017; Prata *et al.*, 2020).

Por otro lado, las agroindustrias generan grandes cantidades de desechos orgánicos e inorgánicos: cáscaras, bagazo, hojas y semillas (Singh *et al.*, 2010). Si éstos no se manejan adecuadamente causan problemas ambientales en suelo, ríos y mantos freáticos a través de la infiltración de los líquidos resultantes de

*TecNM/Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Ecatepec de Morelos, México.
Contacto: karlaipv@hotmail.com, juanis_lira@hotmail.com, mgarcia@tese.edu.mx

la descomposición, lo que altera la calidad del agua. Además, la degradación de residuos agroindustriales produce gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático, afectando la biodiversidad y el hábitat de diversas especies (Hamid *et al.*, 2019).



Aunque el unicel y los residuos agroindustriales parecen inofensivos, su impacto en el medio ambiente es significativo. Comprender sus consecuencias es clave si se desea generar soluciones sostenibles que puedan reducir su efecto negativo en el planeta.

Los biomateriales, como posible alternativa, constituyen una opción innovadora y sustentable frente a los materiales tradicionales derivados del petróleo, en este caso el unicel. Al provenir de fuentes renovables: hongos, plantas, algas y residuos agroindustriales, están ganando terreno en diversas industrias debido a sus múltiples beneficios ecológicos y monetarios (Righetti *et al.*, 2024). Esto reduce la dependencia económica a los combustibles fósiles y ayuda a mitigar el impacto ambiental. Además, muchos de estos materiales son biodegradables, lo que significa que se descomponen de forma natural sin generar residuos tóxicos (Jones *et al.*, 2017).

Para que se popularicen, es necesario sensibilizar a los consumidores sobre la importancia de disminuir la huella de carbono y la suma total de gases de efecto invernadero que se liberan directa o indirectamente. A lo largo del ciclo de vida de un biomaterial, desde su producción hasta su disposición final, se requiere menos energía y generan una cantidad inferior de emisiones que materiales como el unicel, contribuyendo así a combatir el cambio climático.

MICELIO FÚNGICO, UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA

El micelio fúngico es una red de filamentos microscópicos que se encuentra debajo de la superficie sobre la que crece, y permite al hongo absorber nutrientes al descomponer la materia orgánica. Bajo condiciones adecuadas, el micelio puede desarrollarse en desechos agroindustriales (Holt *et al.*, 2020).

Los biomateriales fúngicos son estructuras sólidas formadas por el crecimiento del micelio en sustrato lignocelulósico como residuos de madera, bagazo de caña, cáscaras de café o paja de trigo (Yang *et al.*, 2021). A medida que el micelio se desarrolla, une las partículas del sustrato, creando una base compacta y maciza, que da resultado a los biomateriales.

Estos ofrecen resistencia, durabilidad y flexibilidad, mientras conservan características sostenibles y biodegradables. Los biomateriales cumplen con los principios de economía circular, que buscan minimizar los residuos y hacer un uso eficiente de los recursos, alargando el tiempo de vida útil de los productos (Angelova *et al.*, 2021). A diferencia del modelo lineal tradicional (tomar-hacer-desechar), la economía circular promueve la reutilización, reparación, renovación y reciclaje (Morseletto, 2020) (figura 2).

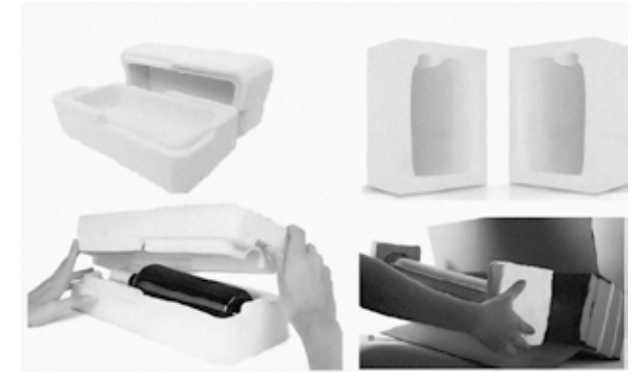


Figura 1. Biomateriales utilizados para embalaje (Abhijith *et al.*, 2018).

FABRICACIÓN DE UN MATERIAL A BASE DE MICELIO

Para la elaboración de los biomateriales se emplearon residuos agroindustriales: hoja de maíz, frijol, cáscara de café y de limón, trigo y aserrín. Éstos se lavaron con agua destilada, se secaron a temperatura ambiente y se expusieron al sol por varias horas, luego se trituraron hasta alcanzar un tamaño de partícula de 8-10 mm.

El inóculo inicial para desarrollar el crecimiento del hongo se preparó utilizando granos de trigo remojados con agua y esterilizados, los cuales fueron colonizados con micelio de *Pleurotus ostreatus*. Posteriormente se dispusieron tres combinaciones específicas de residuos agroindustriales, ajustando el pH con una solución buffer de acetatos (pH 5), se desinfectaron y se prepararon con el hongo del inóculo inicial.

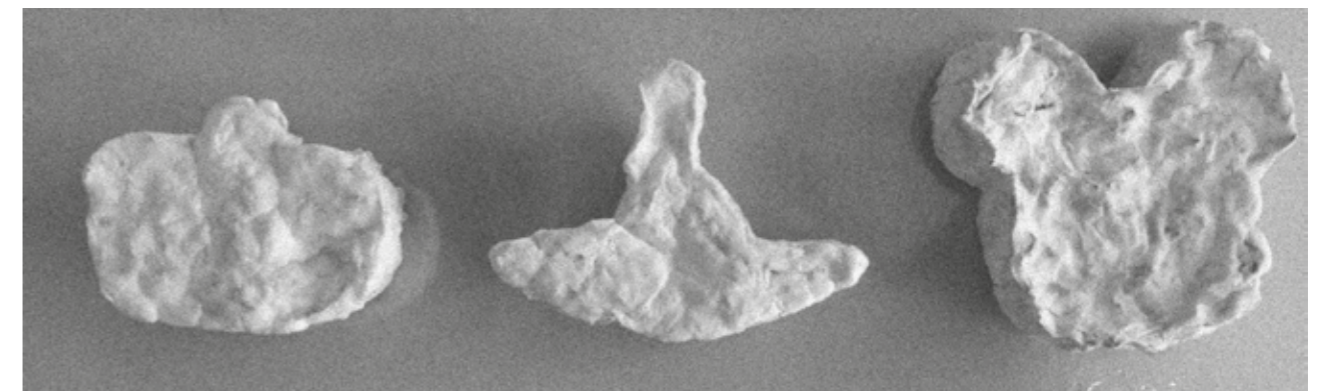


Figura 2. Biomateriales de micelio fúngico producido en una mezcla de hoja de maíz con frijol (Karla Pacheco, 2025).

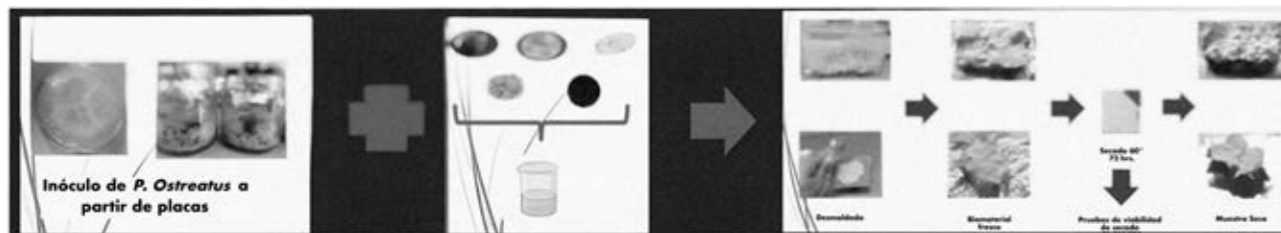


Figura 3. Proceso de producción de biomateriales fúngicos utilizando *Pleurotus ostreatus*.

VENTAJAS DE LOS BIOMATERIALES DE MICELIO

Las mezclas de los residuos agroindustriales con el hongo se colocaron en moldes de silicón y se incubaron por 25 días a 24°C, permitiendo el desarrollo micelial fúngico. Al finalizar el crecimiento, los biomateriales obtenidos se someten a un proceso de secado térmico durante tres días para su estabilización e inocuidad (figura 3).

Los resultados indicaron que, en función de sus propiedades mecánicas (resistencia, rigidez y densidad), los biomateriales pueden adaptarse a distintos usos dentro del sector industrial de embalajes: empaques estructurales o de protección, mientras que en uso con menor peso podrían utilizarse en empaques secundarios o sustitutos de rellenos amortiguantes. Estos posibles empleos evidencian el potencial de dichos biomateriales como una alternativa sustentable y funcional al poliestireno expandido en diversas aplicaciones industriales (Aiduang *et al.*, 2023; Singh *et al.*, 2025). Los biomateriales obtenidos fueron biodegradables y lograron una descomposición total mediante compostaje, al igual que ciertos materiales comerciales elaborados a partir de bagazo de caña.

Los estudios realizados demostraron que estos biomateriales ofrecen múltiples beneficios:

- **Biodegradables:** se descomponen en pocos meses sin contaminar el ambiente, cumpliendo con la norma NMX-E-273-NYCE-2019 de plásticos compostables (Secretaría de Economía, 2019).
- **Resistentes:** su dureza y flexibilidad pueden ajustarse según el residuo agroindustrial utilizado. Nuestra investigación demostró que el biomaterial presentó valores superiores a los del unicel.
- **Sostenibles:** se fabrican con residuos agroindustriales, reduciendo la huella de carbono.
- **Seguros:** no son tóxicos y son aptos para el contacto humano. Cumplen con la norma NMX-E-273-NYCE-2019 (Secretaría de Economía, 2019).

DESAFÍOS Y FUTURO DE LOS BIOMATERIALES

A pesar de sus ventajas, los biomateriales enfrentan diversos retos, entre ellos la sensibilidad a la humedad. Actualmente, se investigan métodos que ayuden a mejorar su resistencia con tratamientos especiales. A medida que estos desafíos sean superados, el uso de micelio fúngico en producción de materiales podría reemplazar los plásticos en múltiples aplicaciones.

CONCLUSIÓN

El uso de micelio fúngico en la fabricación de empaques biodegradables representa una solución innovadora ante la creciente contaminación por plásticos como el unicel. Al aprovechar residuos agroindustriales, se promueve la economía circular y se contribuye al cuidado del medio ambiente. Sin embargo, si queremos que estos biomateriales sean considerados una alternativa viable al unicel, es fundamental fomentar la investigación y contar con apoyo económico e industrial. La aceptación del público, especialmente en el sector de paquetería, será clave en su adopción a gran escala.

DECLARACIÓN SOBRE EL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En la elaboración de este artículo se emplearon herramientas de inteligencia artificial para asistencia en corrección gramatical y mejora de redacción. Sin embargo, el contenido, análisis y conclusiones son producto exclusivo del trabajo de los autores.

REFERENCIAS

- Abhijith, R., Ashok, Anagha, Rejeesh, C. R. (Rejeesh C. Rajendran). (2018). Sustainable packaging applications from mycelium to substitute polystyrene: A review, *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 2139-2145, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.09.211>
- Aiduang, Worawoot, Kumla, Jaturong, Srinuanpan, Sirasit, *et al.* (2022). Mechanical, physical, and chemical properties of mycelium-based composites grown on lignocellulosic agricultural wastes: A review, *Journal of Fungi*, 8(11), 1125. <https://doi.org/10.3390/jof8111125>
- Angelova, Galena V., Brazkova, Mariya S., Krastanov, Albert I. (2021). Renewable mycelium-based composite – Sustainable approach for lignocellulose waste recovery and alternative to synthetic materials-A review, *Zeitschrift für Naturforschung C*, 76(11-12), 437-448, <https://doi.org/10.1515/znc-2021-0040>
- Geyer, Roland, Jambeck, Jenna R., Law, Kara L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made, *Science Advances*, 3(7), e1700782, <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Hamid, Hazren A., Qi, Lim P., Harun, Hasnida, *et al.* (2019). Development of organic fertilizer from food waste by composting in UTHM campus Pagoh, *Journal of Applied Chemistry and Natural Resources*, 1(1), 1-6.
- Jones, Michel, Huynh, Tien, Dekiwadia, Chaitali, *et al.* (2017). Mycelium composites: a review of engineering characteristics and growth kinetics, *Journal of Bionanoscience*, 11(4), 241-257.
- Morseletto, Piero. (2020). Restorative and regenerative: Exploring the concepts in the circular economy, *Journal of Industrial Ecology*, 24(4), 763-773, <https://doi.org/10.1111/jiec.12987>

Muiruri, Joshep K., Chuan Yeo, Jaiven C., Zhu, Qiang, *et al.* (2023). Sustainable mycelium-bound biocomposites: Design strategies, materials properties, and emerging applications, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(18), 6801-6821, <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c00831>

Prata, Joana C., Silva, Ana L. P., Walker, Tony R., *et al.* (2020). COVID-19 pandemic repercussions on the use and management of plastics, *Environmental Science & Technology*, 54(13), 7760-7765, <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02178>

Righetti, Grazia I. C., Faedi, Filippo, Famulari, Antonino. (2024). Embracing sustainability: The world of bio-based polymers in a mini review, *Polymers*, 16(7), 950, <https://doi.org/10.3390/polym16070950>

Secretaría de Economía. (2019). *NMX-E-273-NYCE-2019. Plásticos compostables. Requisitos y métodos de prueba*, Norma Mexicana, <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/489557/NMX-E-273-NYCE-2019.pdf>

Singh, Shivam, Singh Nijendra P., Agrawal, Sharad, *et al.* (2025). Unleashing the potential of white-rot fungi mycelium for functional biomaterials development, *Discover Materials*, 5, 96, <https://doi.org/10.1007/s43939-025-00288-6>

Singh, Rajeev P., Ibrahim, M. Hakimi, Esa, Norizan, *et al.* (2010). Composting of waste from palm oil mill: a sustainable waste management practice, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 9, 331-344. <https://doi.org/10.1007/s11157-010-9199-2>

Thompson, Roland C., Swan, Sherri H., Moore, Carlos J. (2009). Plastics, the environment, and human health: Current consensus and future trends, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153-2166, <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>

Yang, Libin, Park, Daekwon., Qin, Zhao. (2021). Material function of myceliumbased biocomposite: A review, *Frontiers in Materials*, 8, 737377, <https://doi.org/10.3389/fmats.2021.737377>

Recibido: 18/03/2025
Aceptado: 04/07/2025

Descarga aquí nuestra versión digital.



¿Micelio fúngico en lugar de unicel? La revolución de los biomateriales sustentables

Resumen

El uso masivo de plásticos de empaque como el unicel (poliestireno expandido) ha generado un grave problema ambiental. Es un material de un solo uso que, al convertirse en residuo, tarda décadas en degradarse en el ambiente y su reciclaje es limitado. En la búsqueda de soluciones sustentables, la biotecnología ha desarrollado biomateriales a partir del micelio de hongos de podredumbre blanca, como *Pleurotus ostreatus*. Este artículo explora cómo este hongo es cultivado en residuos agroindustriales para producir un material biodegradable y resistente para uso en embalaje.

Palabras clave: huella de carbono, residuos agroindustriales, biodegradabilidad, economía circular, empaque sustentable.

Fungal mycelium as a sustainable substitute for styrofoam? The revolution of eco-friendly biomaterials

Abstract

The widespread use of packaging plastics such as styrofoam (expanded polystyrene) has created a serious environmental problem. It is a single-use material, once it becomes wasted, takes decades to degrade in the environment, and its recycling is limited. In the search for sustainable solutions, biotechnology has developed bio-materials from the mycelium of white-rot fungi, such as *Pleurotus ostreatus*. This article explores how this fungus can be cultivated in agro-industrial waste to produce a biodegradable and durable material for packaging applications.

Keywords: carbon footprint, agro-industrial waste, biodegradability, circular economy, sustainable packaging.

Entender el mundo a través de la modelación matemática, el grano de arena de la

Dra. Guadalupe Carmona Domínguez



Guadalupe Carmona Domínguez es doctora en Educación Matemática por la Universidad de Purdue, tiene una maestría también en Educación Matemática por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-IPN), y una licenciatura en Matemáticas por el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM). Sus líneas de investigación están centradas en la manera en que influyen el contexto social y la estructura matemática en la educación en ciencias, ingeniería, tecnología y matemáticas (CITeM) y en analizar cómo ciertos modelos y técnicas de enseñanza pueden mejorar el aprendizaje en estas áreas. Es experta en el uso de actividades de modelación matemática para la evaluación del conocimiento de los estudiantes, lo que la ha llevado a participar y coordinar proyectos de diseño, implementación y revisión de reformas educativas en Estados Unidos y otros países como México.

Desde 2013 es profesora de educación en CITeM, en el Departamento de Aprendizaje y Enseñanza Interdisciplinaria de la Universidad de Texas en San Antonio. Es, además, directora ejecutiva de ConTex, una iniciativa del Sistema de la Universidad de Texas y de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti) de México, que tiene como propósito apoyar colaboraciones académicas bilaterales entre México y Texas.

María Josefa Santos-Corral*

*Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
Contacto: mjsantos@sociales.unam.mx

¿Qué detona en la doctora Carmona su vocación por la investigación en matemáticas?

La verdad fue por estar en el lugar, en el momento y con la gente correcta. Siempre me gustó esa materia y, en quinto de preparatoria, una maestra me sugirió concursar en la Olimpiada de Matemáticas. Fui a inscribirme a la UNAM y presenté el examen que duraba dos días. Salí contenta de que disfruté mucho el proceso, pues en mi escuela nunca resolvía problemas de ese tipo, donde podía dedicar tanto tiempo a solucionar uno solo y lo gocé. Eran demostraciones matemáticas, por lo que tenía que explicar mi razonamiento y lo escribí lo más claramente posible.

Meses después, cuando ya lo había olvidado, hablaron por teléfono a casa para decirme que fuera a recoger el premio de las Olimpiadas de Matemáticas al auditorio de San Ildefonso. En la ceremonia de premiación pude ver docentes de varias instituciones, una de ellas se acercó y me propuso estudiar matemáticas aplicadas en el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), y me ofreció una beca. Yo no sabía que existía una carrera de matemáticas, pensaba entrar a arquitectura en la UNAM, era mi sueño.

Esta profesora era la doctora María Trigueros Gaisman, quien, posteriormente, se convirtió en una gran mentora en mi carrera y mi vida. Cuando estábamos por terminar la licenciatura, éramos seis en la generación, cuatro hombres y dos mujeres, un maestro se acercó a nosotros y nos preguntó en qué estudiaríamos la maestría. Eso también fue otro impacto para mí, daban por hecho de que íbamos a seguir con un posgrado, esas eran las expectativas. Nos comunicó que teníamos dos opciones: matemáticas puras o aplicadas.

Por mi trabajo con la doctora Trigueros, en ese entonces mi asesora de tesis, estaba en el tema de matemática educativa, lo que se une a otra historia de mi vida, donde también estuve en el lugar, en el momento y con la gente correcta. A los 15 años tuve la oportunidad de llegar como voluntaria al INEA, a sustituir a una maestra por un día, y me encontré con un mundo desconocido para mí, pues hasta entonces mi principal responsabilidad era asistir a la escuela, estudiar y sacar buenas calificaciones. En el INEA conviví con personas que no tuvieron la misma oportunidad que yo, eran adultos, todos mayores de edad, que no sabían leer ni escribir. Me fascinó aprender de ellos, realmente la que salió más beneficiada con esas asesorías fui yo. Ya no lo pude dejar ir. Todas las semanas acudía al encuentro de un grupo de mujeres maravillosas, donde una de mis alumnas, la señora Lola, me dejó una huella profunda.

Doña Lola tenía 70 años, vendedora de periódico, y lamentablemente nunca averigüé por qué, a esa edad, después de tanto tiempo, decidió leer la palabra que vendía. Por desgracia el día en que le iban a dar el diploma, sus hijas, que a instancias de ella obtuvieron sus certificados de primaria y secundaria, lo recibieron... doña Lola había fallecido. De manera que la pregunta se quedó sin formular. Los cuatro años que colaboré en el INEA me marcaron para toda la vida, por lo que cuando me cuestionan sobre qué estudiaría en el posgrado, aunque dudé si dedicarme a las matemáticas puras, donde era un deleite personal trabajar en las demostraciones, o compartir ese gozo por esa área del conocimiento con otra gente, la experiencia del INEA me ayudó a decidir por la vertiente de la educación matemática.

¿Qué la lleva a dedicarse a los temas de educación en ciencias, ingeniería, tecnología y matemáticas?

Esa es otra historia. Durante la Maestría en Matemática Educativa, que estudié en el Cinvestav-IPN, una gran escuela, me propusieron solicitar un trabajo en la Secretaría de Educación Pública (SEP). Fui a la entrevista, lo que nuevamente me llevó a estar en el lugar, en el momento y con las personas correctas. Ahí platicué con la doctora María Teresa Rojano Ceballos, profesora-investigadora de matemática educativa del Cinvestav, quien realizaba una estancia sabática en la SEP donde trabajaba con el diseño de un proyecto de reforma curricular: Enseñanza de la Física con Tecnología (Efit) y Enseñanza de las Matemáticas con Tecnología (Emat), enmarcado en dos situaciones. La primera, la de 1993, buscaba hacer obligatoria la secundaria en el país, y la segunda, en 1995-1996, la SEP se acercó a los investigadores en México, en el Cinvestav y en el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE), y les pidió asesoría en la manera de implementarla.

El proyecto Efit-Emat se concibió de tal forma que, mediante la aplicación de las nuevas tecnologías de aquella época, se pretendía transformar el salón de clase, para que estuviera centrado en el aprendizaje de los estudiantes, más que en el conocimiento de los docentes. Se veía la tecnología como una oportunidad de generar cambios en toda la dinámica del aula. En un tiempo en que no había muchas computadoras personales ni en casa, sólo se dotaba a ciertas escuelas de 10 o 15 máquinas con las que, a partir de simulaciones de software, los alumnos pudieran acercarse a soluciones de física o matemáticas y resolver los problemas que les parecieran pertinentes.

Obtuve el empleo, y cuando la doctora Rojano regresó al Cinvestav, se necesitaban manos operativas para apoyar toda la implementación del proyecto. Había expertos nacionales, principalmente del Cinvestav, y externos, de seis o siete instituciones del mundo. En mi trabajo me tocaba de todo. Tuve oportunidad de participar en el proceso de selección de las escuelas donde se iba a pilotear el programa. Viajaba a los estados, en algunos era crítico generar vínculos entre la SEP, los gobiernos estatales y las universidades locales para que se convirtieran en asesoras de profesores y centros educativos.

Había, por supuesto, roces políticos y retos de implementación, pero lo más importante era que todos teníamos la misma visión de que lo realmente relevante era que los alumnos aprendieran, que tuvieran acceso a conocimientos y a tecnologías nuevas. El piloto fue muy exitoso, pues el enfoque inicial era escoger escuelas en zonas marginadas y que no necesariamente destacaran académicamente. Los estudiantes y los docentes transformaron el salón de clase en comunidades de formación centrados en las matemáticas, la ciencia y la tecnología donde todos se instruían e innovaban, y se convirtió en un programa nacional. Ahí conocí el valor del maestro mexicano, la entrega de quienes están dispuestos a sacrificar y a comprar cosas de su propio sueldo buscando el bien de sus estudiantes y el entusiasmo de éstos por aprender. Fue entonces cuando mi misión en la vida profesional se volvió el abrir oportunidades hacia una educación de calidad para todos.

En el proyecto conocí también a expertos externos; uno de ellos, el Dr. Richard Lesh, nos invitó, a mi esposo Ángel y a mí, a hacer el doctorado, y nos fuimos a la Universidad de Purdue en 1999. Ahí estuve cinco años trabajando bajo el enfoque de que, a través de la

"La modelación matemática se puede constituir en una herramienta que ayuda a los estudiantes en su vida cotidiana".

modelación matemática, utilizando ese poder, el alumno podía resolver cuestiones de su vida cotidiana. Por ejemplo, al escribir una carta al cliente explicándole la solución de cierto problema, él está documentando su saber sobre temas matemáticos que nos interesan como especialistas. Entender cómo los aprende, los concibe, los representa y los comunica; eso se vuelven datos muy importantes al analizar el conocimiento complejo, que va más allá de lo que se observa con un examen estandarizado.

Ese se volvió un asunto de investigación en lo personal, estudiar la forma en que se documenta el saber construido de manera compleja, donde hay conexiones entre ideas y vínculos con contextos reales, para que el uso de las matemáticas y la ciencia permitan entender el mundo de desde una perspectiva diferente. Con ello se puede dar acceso al uso de la modelación matemática, como una herramienta que ayuda a solucionar problemas vinculados a la cotidianidad de los estudiantes, a la vez que éstos aprenden y profundizan las ideas matemáticas.

¿Para realizar esta investigación, qué tanto se vincula con los profesionales de estas disciplinas?

La modelación matemática lleva a la interdisciplinariedad con otras áreas, entonces de ahí la dirección que toma mi trabajo; hacer el vínculo, no nada más en educación matemática sino también en ciencia, ingeniería y tecnología. Además, he tenido la oportunidad de dirigir y participar en programas de investigación financiados por diferentes agencias en Estados Unidos. Por ejemplo, la National Science Foundation nos ayudó con un proyecto en La Universidad de Texas en San Antonio que se llamó CSPECC (por sus siglas en inglés, Center for Security and Privacy Enhanced Cloud Computing) que era sobre cómputo para la ciberseguridad y en la nube, y me tocó colaborar con colegas de ciencias computacionales, ingenieros y usuarios de dichas áreas en la administración de empresas y economía, y pues mis aportaciones fueron desde el punto de vista de educación en CITeM.

También es muy importante mi trabajo con maestros. Hemos podido formar, con compañeros de México y de otros países, que compartimos la visión de preparar una nueva generación de estudiantes que puedan entender el mundo a través de las matemáticas y de la ciencia desde edades tempranas, una comunidad que llamamos Campus Viviente en educación en CITeM. Centrada en tres ejes: el primero es el diseño de ambientes de aprendizaje con el uso de tecnologías de bajo costo y de fácil acceso, que reconceptualicen las matemáticas y la ciencia y poder entender los fenómenos del mundo mediante ellas.



El segundo, considerar que lo anterior sólo se puede lograr través de los maestros, los catalizadores del cambio. Por ello diseñamos un modelo de profesionalización docente, para transformar el aula en un campus viviente en el que se genera un vínculo directo entre el aprendizaje que sucede en el salón de clase y el que se lleva a cabo afuera de éste. Aquí es importante el entorno del lugar en el cual el saber se verifica. El tercer eje es la evaluación. Estos conocimientos nuevos y divergentes y la manera distinta de concebir las ciencias y las matemáticas requieren instrumentos de valoración diferentes de los que usamos ahora, pues no necesariamente los exámenes estandarizados logran medir o capturar la complejidad del pensamiento. La comunidad Campus Viviente ya se ha extendido más allá de Estados Unidos y México a diversos países y sigue creciendo. Hay Campus Vivientes muy activos en Jalisco, Durango, Coahuila, entre otros.

¿Cuáles son las principales razones por las que las mujeres no suelen ingresar a disciplinas vinculadas a CTeM?

Yo creo que es un factor complejo y de índole social. En ningún momento se cuestiona la capacidad femenina. Lo que sí, quizá, es que no hay suficientes mujeres en la ciencia abriendo caminos para que más mujeres puedan ser exitosas. A mí me tocó la fortuna de contar con el apoyo de profesoras e investigadoras, y fue muy natural ver cómo vivían ellas, cómo equilibraban la vida personal y profesional, con una entrega increíble a su trabajo, pero igual en su familia. Como eran mis mentoras y las veía día a día, fue muy importante darme cuenta de que yo también podía tener ese balance familiar y profesional en mi carrera.

"Pude observar como mis mentoras desarrollaron un balance entre su vida personal y profesional"

¿Y percibe que esto ha cambiado o sigue igual que cuando inició su carrera?

Yo pienso que sí ha cambiado, siento que cada vez hay más mujeres que se dedican a la ciencia, a la ingeniería. Creo, por ejemplo, que el número de mujeres en ingeniería ha aumentado, que todavía hay demasiado trabajo por hacer, pero que sí vamos en una dirección positiva en el sentido de que la participación femenina sea activa. Además, mientras más diversidad hay en un gremio, crece la innovación y el desarrollo del conocimiento; haber limitado la intervención de mujeres en

ciencia y matemáticas en realidad es una pérdida para esas disciplinas, porque nos perdimos la oportunidad de que muchas mujeres pudieran aportar sus ideas, con sus perspectivas a ese saber. Me da gusto observar que tengo más estudiantes mujeres que se dedican a esto y sus contribuciones son increíbles. Así ganamos ellas y yo por el conocimiento que generan, pero también lo hacen las disciplinas.

¿Qué retos supone trabajar con proyectos financiados?

He sido afortunada al participar en este tipo de programas, lo que creo que es un reto en el sentido en que es un compromiso y una responsabilidad, sobre todo porque la mayoría de las agencias que han financiado nuestros proyectos son entidades gubernamentales. Estoy muy consciente de que ese dinero viene de los impuestos que pagamos, por ello la rendición de cuentas se le debe a la gente que ha contribuido con éstos.

¿Me puede explicar en qué consiste la iniciativa de ConTex?

Desde 2018 he tenido el honor de servir como directora ejecutiva de ConTex, una iniciativa del Sistema de la Universidad de Texas (UT System) y de la Secihti que apoya y fomenta las colaboraciones académicas y de investigación entre México y las trece instituciones del UT System. Hemos generado tres programas de becas para estudiantes mexicanos que quieren hacer su doctorado en alguna de las escuelas del sistema de UT, donde ofrecemos hasta cinco años de respaldo en colegiatura. Con el convenio, el pago es el mismo que el de los alumnos residentes de Texas, como una tercera parte de lo que le cuesta a una persona que viene de otro estado.

La solicitud se hace a mediante la convocatoria para becas de doctorado al extranjero que Secihti abre cada año, con un registro en el portal de internet de ConTex. La beca incluye un aporte en el seguro de gastos médicos y la manutención hasta por cuatro años, y a través de ConTex se otorgan estos apoyos por un año adicional en caso necesario. Hemos tenido al día de hoy 160 becarios, de los cuales 54 ya cuentan con el doctorado y podemos decir que todas las instituciones se pelean por ellos, porque saben de la calidad, no sólo académica y profesional, sino también humana que tienen.

Asimismo, tenemos el programa de posdoctorados y el de planes binacionales colaborativos de investigación, en los que hay al menos un investigador principal en una universidad mexicana y otro en alguna de Texas. Hemos tenido la fortuna de apoyar 47 proyectos, de más de 80 instituciones, donde se han involucrado 428 estudiantes en ambas partes de la frontera. Son ideas semilla de 12 meses y hasta por 100 mil dólares y puedo decir que han impactado en la generación de conocimiento de punta. Actualmente estamos creando pilotos para nuevos programas, como en el ámbito de medicina y salud pública, que esperamos poder ofrecer en los siguientes años.

¿Qué le ha dado la Universidad de Texas a la doctora Carmona y usted qué le ha dado a esta Universidad?

La Universidad de Texas me ha dado mucho. Una carrera en la que me divierto y trabajo muchísimo y creo que eso es lo que yo le he aportado. Le doy lo mejor que tengo, pero lo que reditúa de esta labor es el poder llevarla a cabo con gente maravillosa, como la del equipo de ConTex y la posibilidad de colaborar con personas fuera de la institución, sobre todo en México, que tanto quiero y que siempre está en mi corazón.

He tenido la oportunidad, desde Texas, de seguir participando con mi país, lo que me parece increíble. Puedo poner un granito de arena para este mundo que, junto con el de toda la gente con la que tengo la fortuna de trabajar o de conocer, vamos juntando ya un montoncito que ya se ve y que podría tener impacto en la búsqueda de mejorar el planeta a través de la educación.

Muchas gracias, doctora Carmona, por esta entrevista.

[Descarga aquí nuestra versión digital.](#)



Entender el mundo a través de la modelación matemática, el grano de arena de la Dra. Guadalupe Carmona Domínguez

Resumen

Guadalupe Carmona se ha especializado en diseñar modelos matemáticos, para explicar el papel que juega el contexto personal y cultural en el aprendizaje de esta ciencia. La investigación de la doctora Carmona ha contribuido en el aprendizaje de las matemáticas. Es, además, directora del programa ConTex una iniciativa del Sistema de la Universidad de Texas y de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti) de México, para apoyar colaboraciones académicas bilaterales entre México y Texas.

Palabras clave: modelos matemáticos, educación matemática, mujeres científicas, trabajo de vinculación en educación.

Understanding the world through mathematical modelling, the contribution of Dr. Guadalupe Carmona Domínguez

Abstract

Guadalupe Carmona specialises in designing mathematical models to explain the role of personal and cultural context in mathematics learning. Dr. Carmona's research has contributed to mathematics education. She is also the director of the ConTex program, an initiative of the University of Texas System and the Mexican Secretariat of Science, Humanities, Technology and Innovation (Secihti), which supports bilateral academic collaborations between Mexico and Texas.

Keywords: mathematical models, mathematics education, women scientists, outreach work in education.



Contaminación del suelo por sustancias químicas: un problema urgente para la sustentabilidad

Pedro César Cantú-Martínez*

ORCID: 0000-0001-8924-5343

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: cantup@hotmail.com

En muchos aspectos de la vida del ser humano, las sustancias químicas se han involucrado estrechamente con su avance y progreso. Pero no siempre estas han sido empleadas de la manera más adecuada. Se conoce que un gran número de compuestos se utiliza en distintos rubros relacionados con el sector industrial, farmacéutico, producción agrícola, entre otros (González, 2016). No obstante los adelantos tecnológicos de investigación y evaluación del impacto ambiental en tales materiales e insumos químicos, aún persiste la incertidumbre sobre los efectos reales en el entorno natural y la salud de las personas.

En este contexto, uno de los mayores receptáculos de estas sustancias lo tenemos en el suelo. El cual está constantemente bajo presión, tanto en sus características como en su calidad. Donde los contaminantes pueden proceder de dos fuentes: puntuales, derivados de la actividad industrial, agricultura, centros urbanos, minería, por mencionar algunos; no puntuales o también llamadas móviles, encontramos aquí las emisiones de los vehículos y el transporte de manera general. Todas estas demostraciones contaminantes pueden variar en cantidad y propiedades tóxicas (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019).

Lo anterior es de suma relevancia para la sustentabilidad, ya que los productos químicos se mantienen por largos periodos, dependiendo del tipo y sus características. Además, recorren grandes distancias hasta alojarse en sitios en los que insospechadamente se hallarían. De esta manera, la contaminación del suelo –en lo sucesivo CS–, va dejando un rastro de deterioro y destrucción como resultado de las acciones directas o indirectas generadas por las múltiples actividades del sector productivo en nuestra sociedad (Yang *et al.*, 2014).

A la par de la CS, este hecho plantea una serie de eventualidades, que a menudo son difíciles de cuantificar. Por esta razón, nos dispondremos a abordar cómo se da la génesis del suelo, el marco actual de la CS, sus implicaciones en la salud, para finalmente concluir con algunas consideraciones finales.



¿QUÉ ES EL SUELO?

La génesis del suelo, de manera muy generalizada, proviene de las rocas cuando estas se rompen o fracturan con el tiempo. Esto sucede porque el viento, la lluvia y otros factores –inclusive biológicos–, van desgastándolas a lo largo de muchos años, y diferentes materiales, con muy variadas composiciones, se van aglutinando y creando capas paulatinamente, que más tarde pueden alcanzar su equilibrio (Galán y Romero, 2008). De esta forma el suelo se convierte en el componente más superficial de lo que denominamos corteza terrestre.

Particularmente, los suelos están conformados por distintos materiales sólidos, gaseosos y líquidos. Entre las estructuras de orden sólido encontramos los óxidos de hierro, carbonatos, silicatos, sulfatos, nitratos, etcétera. Además de los diferentes elementos de origen mineral, uno de ellos el humus. De los compuestos líquidos más importantes podemos mencionar al agua, saturada de iones y sales, con la presencia de heterogéneas sustancias de fuentes orgánicas. Mientras la composición gaseosa se halla representada por oxígeno y dióxido de carbono, pero dependiendo de la naturaleza y particularidades del suelo, se puede contar con hidrocarburos como el metano y el óxido nitroso (Porta, López y Poch, 2019).

ESCENARIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

La CS es uno de los principales desafíos socioambientales del presente siglo XXI. En lo relacionado con la contaminación química, se reconoce una cifra que excede los 160 millones de agentes en el mundo, y se espera que esta cantidad será superada, duplicándose para 2030 (Moreno, 2022). Este anómalo acontecimiento no sólo daña la salud de los ecosistemas,

también repercute en el ser humano, la seguridad alimentaria y el patrimonio (Cruz-Guzmán, 2007), como en Acatzingo, Puebla, por derrames de hidrocarburos (Cavazos, Pérez y Mauricio, 2014).

A medida que la población mundial continúa creciendo y la demanda de recursos aumenta, la necesidad de un enfoque sostenido y global para mitigar la CS se vuelve cada vez más crítica. Los contaminantes químicos incluyen metales pesados, pesticidas, fertilizantes, productos industriales, derivados del petróleo, entre otros. De manera específica, la acumulación de estas sustancias puede desencadenar la degradación de la estructura del suelo, perjudicando su capacidad de retener agua y nutrientes, lo que a su vez disminuye la fertilidad y afecta el rendimiento agrícola.

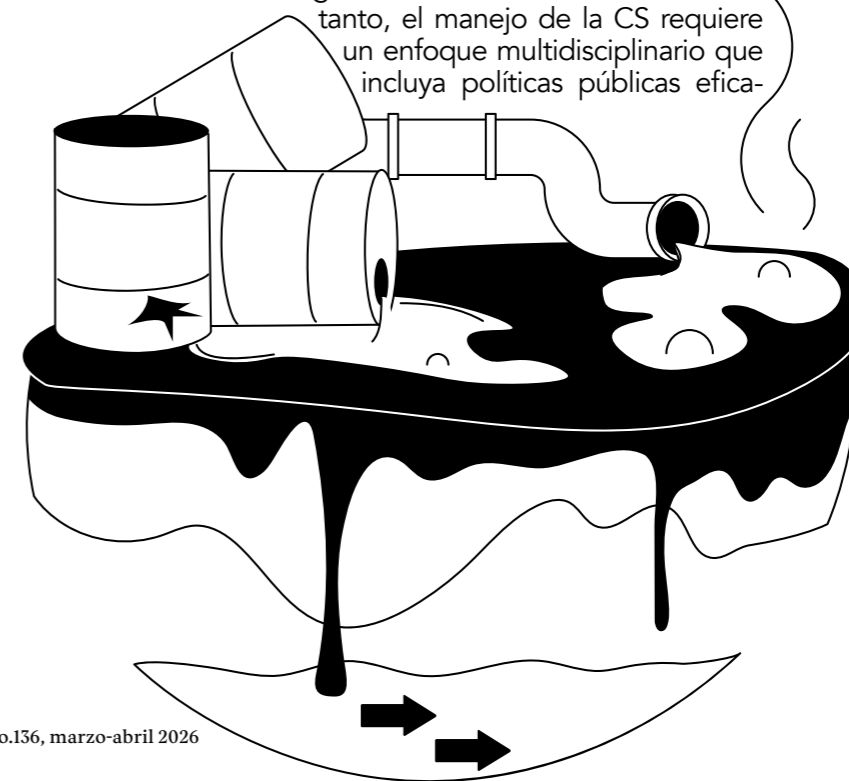
Este ciclo de daño altera el entorno y genera riesgos significativos para la salud pública, debido a la exposición de seres humanos, animales y plantas a sustancias tóxicas. Además de sus efectos directos, la CS contribuye al deterioro ambiental en un sentido más amplio (Jiménez, 2017). Por ejemplo, la presencia de pesticidas y herbicidas puede llevar a la contaminación de fuentes de agua cercanas, interfiriendo en los ecosistemas acuáticos al dañar la biodiversidad de manera colateral (Arrazcaeta, 2002).

En ese marco, se señala que entre 1990 y 2022, el empleo agrícola de plaguicidas en el mundo se incrementó de modo invariable, hasta lograr la cifra de 3.69 millones de toneladas métricas en 2022. Esto denota dos aspectos, el primero, la dependencia tan elevada de la actividad agropecuaria de este tipo de productos químicos, y por otra parte, el impacto que se cierne sobre el suelo por su utilización (Statista, 2025a). Dicha fuente revela que Brasil se erigió en el mayor comprador durante 2022, siguiéndole Estados Unidos, ambas naciones con aproximadamente 800 y 467 mil toneladas métricas, respectivamente.

En este mismo tenor, no obstante los abundantes marcos administrativos legales en materia ambiental promovidas hace años, la CS prosigue, convirtiéndose en un inconveniente difícil de resolver. Las funciones diarias de las empresas, y los procesos existentes en las actividades urbanas, donde se aprecia la generación de residuos, peligrosos o no, se siguen vertiendo en cantidades descomunales: en 2022 se produjeron 500 millones de toneladas en el mundo (National Geographic-España, 2022).

Los Estados Unidos producen aproximadamente 300 millones de toneladas de desechos sólidos urbanos anualmente, que se depositan en vertederos, cuya descomposición genera múltiples lixiviados que contaminan el suelo (Statista, 2025b). En tanto, en materia de residuos peligrosos, tan sólo Nueva Jersey concentra la mayor cantidad de sitios para la disposición final con 114, continuando California y Pensilvania, lo que representa potencialmente un deterioro de las condiciones del suelo de suscitarse un siniestro (Statista, 2025c). En ese rubro, Estados Unidos es una nación exportadora de este tipo de residuos, en tanto México cuenta con un riesgo alto en materia de acumulación (National Geographic-España, 2022).

Igualmente, la CS se asocia con problemas de cambio climático, ya que la degradación del suelo reduce su capacidad para almacenar carbono, contribuyendo así a la emisión de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, el manejo de la CS requiere un enfoque multidisciplinario que incluya políticas públicas efica-



ces, avances en tecnologías de tratamiento y una mayor concientización social, como lo hacía saber el Instituto Tecnológico Geominero de España (1996) hace décadas. Por lo cual, las leyes y regulaciones en torno al suelo son fundamentales para prevenir la disposición de nuevos contaminantes.

EFECTOS EN LA SALUD

En la vida diaria, estamos rodeados de sustancias que pueden ser dañinas, y eso es algo que debe preocuparnos. Muchos de los productos que usamos contienen químicos que incluso son tóxicos. Cuyos residuos alteran la composición del suelo en cuanto a calidad, convirtiéndolo en una de las mayores fuentes de exposición hacia las personas, sobre todo los moradores de las grandes metrópolis, por ejemplo, la Ciudad de México (Morton-Bermea, 2006). Es así que distintos estudios revelan que estar expuestos a sustancias por lapsos prolongados podría causar inconvenientes y eventos incapacitantes (Cambra, 2003).

Para muestra, un botón: en Choropampa, Perú –en 2000–, un camión que transportaba mercurio ocasionó un derrame que representó un problema crítico en las condiciones del suelo receptor y más tarde en cientos de personas (Arana, 2009). Ya que, generalmente, como comentan Galán y Romero (2008), los “contaminantes abandonan un suelo por volatilización, disolución, lixiviado o erosión, y pasan a los organismos al ser asimilables (bioasimilables), lo que normalmente ocurre cuando se encuentran en forma más o menos soluble” (p. 54).

Se sabe que las sustancias químicas, incluso en cantidades muy pequeñas, podrían ser dañinas para la salud, al causar padecimientos, alterar el desarrollo y el sistema inmunológico y fisiológico, lo que puede desencadenar enfermedades como el cáncer y asma (Palacios y Moreno, 2022). Lamentablemen-

te, los más afectados son niños y particularmente los bebés nonatos. Al descubrir que hay muchos compuestos químicos en la leche materna y en la sangre del cordón umbilical que une vitalmente a la madre y el producto durante la gestación.

Por este motivo, la OMS (2023) exhorta de manera contundente a que se socorra a los países que lo necesiten, especialmente aquellos que están en desarrollo, para que creen programas que cuiden la salud de las personas en relación con compuestos o residuos químicos peligrosos, y establezcan guías regulatorias al ser dispuestos en el suelo. Esto se hace con la idea de asistir a estas naciones y evaluar posibles riesgos en las comunidades, además de acopiar información que ayude a crear mejores marcos normativos.

CONSIDERACIONES FINALES

De manera generalizada, la CS es causada por varios factores. En ocasiones, esto ocurre por las actividades agrícolas, otras veces, las fábricas, que desarrollan múltiples labores, dejan escapar químicos que deterioran las particularidades del suelo. Inclusive por la propia urbanización, así que hay muchas formas en que éste se puede tornar en un riesgo de orden sanitario y ambiental.

Por lo tanto, la CS es un problema complejo y poco advertido que requiere atención urgente a nivel global. Sus implicaciones en la salud del entorno y de las comunidades humanas son vastas y de largo alcance, por las particularidades químicas de los compuestos y elementos depositados en él. Afrontar la CS no es sólo una cuestión de preservación ambiental, sino una necesidad para asegurar un futuro sostenible y saludable.

REFERENCIAS

Arana, Marco. (2009). El caso de derrame de mercurio en Choropampay y los daños a la salud en la población rural expuesta, *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 26(1), 113-116, http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342009000100019&lng=es&tlng=es

Arrascaeta, Lissette O. (2002). Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos, *Fitosanidad*, 6(3), 55-62.

Cambra, Koldo. (2003). Evaluación del impacto en la salud de la contaminación del suelo, *Revista de Salud Ambiental*, 3(2), 108-110, <https://www.ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/361>

Cavazos, Judith, Pérez, Beatriz, Mauricio, Amparo. (2014). Afectaciones y consecuencias de los derrames de hidrocarburos en suelos agrícolas de Acatzingo, Puebla, México, *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 11(4), 539-550, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722014000400006&lng=es&tlng=es

Cruz-Guzmán, Martha. (2007). *La contaminación de suelos y aguas. Su prevención con nuevas sustancias naturales*, España, Universidad de Sevilla.

Galán, Emilio, Romero, Antonio. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados, *Macla*, 10, 48-60.

González, Lidia. (2016). *Manual técnico de medioambiente y desarrollo sustentable*, España. Cultural.

Instituto Tecnológico Geominero de España. (1996). *Suelos contaminados*, Madrid, ITGE.

Jiménez, Raimundo. (2017). *Introducción a la contaminación del suelo*, España, Ed. Mundi-Prensa.

Moreno, Ana R. (2022). Salud y medio ambiente, *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 65(3), 8-18, <https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2022.65.3.02>

Morton-Bermea, Ofelia. (2006). Contenido de metales pesados en suelos superficiales de la Ciudad de México, *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 9(1), 45-47, <https://www.medigraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb-2006/cqb061f.pdf>

National Geographic-España. (2022). *Los países del mundo que acumulan más residuos peligrosos*, https://www.nationalgeographic.com/es/mundo-ng/paises-mundo-que-acumulan-mas-residuos-peligrosos_18100

Organización Mundial de la Salud. (2023). *Efectos de los productos químicos, los desechos y la contaminación en la salud humana*, 76.ª Asamblea Mundial de la Salud, A76/A/CONF./2.

Palacios, Ítalo del C., Moreno, Denny W. (2022). *Contaminación ambiental*, Recimundo, 6(2), 93-103.

Porta, Jaume, López, Marta, Poch, Rosa M. (2019). *Edafología. Uso y protección de los suelos*, Madrid, Mundi-Prensa.

Rodríguez, Natalia, McLaughlin, Michael, Penock, Daniel. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*, Roma, FAO.

Statista. (2025a). *Agricultural consumption of pesticides worldwide from 1990 to 2022*, https://www-statista-com.translate.goog/statistics/1263077/global-pesticide-agricultural-use/?__sso_cookie_checker=failed&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=Entre%201990%20y%202022%2C%20el,de%20toneladas%20m%C3%A9tricas%20en%202022.

Statista. (2025b). *Environmental pollution in the U.S.-Statistics & Facts*, <https://www.statista.com/topics/6819/environmental-pollution-in-the-us/#-topicOverview>

Statista. (2025c). *Number of hazardous waste sites in the United States as of March 2025, by state*, <https://www.statista.com/statistics/1147665/number-of-hazardous-waste-sites-in-the-united-states/>

Yang, Hong, Huang, Xianjin, Thompson, Julian R., et al. (2014). Soil Pollution: Urban Brownfields, *Science*, 344(6185), 691-692, <https://doi.org/10.1126/science.344.6185.691-b>

Contaminación del suelo por sustancias químicas: un problema urgente para la sustentabilidad

Resumen

En derredor de la contaminación del suelo existe gran incertidumbre por los efectos de los compuestos químicos, particularmente en los procesos naturales, la salud ecosistémica y bienestar de las personas. Los orígenes de estos contaminantes químicos proceden mayormente del sector industrial y de transformación, agrícola y núcleos urbanos. Todos los contaminantes químicos cuentan con una amplia gama de propiedades tóxicas. Por esta razón, nos adentraremos en las fuentes de la contaminación del suelo, como sus implicaciones, ya que aún en cantidades pequeñas suelen ser perjudiciales. Finalmente, afrontar esta problemática es una cuestión de conservación ambiental para garantizar un desarrollo sustentable.

Palabras clave: contaminación del suelo, contaminación, productos químicos, medio ambiente, sustentabilidad.

Soil contamination by chemicals: an urgent problem for sustainability

Abstract

Surrounding soil contamination there is great uncertainty about the effects of chemical compounds, particularly on natural processes, ecosystem health and well-being of people. The origins of these chemical pollutants come mainly from the industrial and processing sectors, agriculture and urban centres. All chemical contaminants have a wide range of toxic properties. For this reason, we will delve into soil contamination sources, as well as their implications, since even in small quantities they are usually harmful. Finally, facing this problem is a matter of environmental conservation as to guarantee sustainable development.

Keywords: soil pollution, pollution, chemical products, environment, sustainability.

Descarga aquí nuestra versión digital.





COLABORADORES

Ana Irene Cuevas Gutiérrez

Licenciada en Pedagogía, maestra en Ciencias, con orientación en Cognición y Educación, y doctora en Filosofía, con orientación en Psicología, por la UANL. Profesora-investigadora y coordinadora de la Maestría en Docencia, con orientación en Educación Media Superior, en la FaPsi-UANL. Sus líneas de investigación se centran en la innovación educativa, procesos cognitivos, desarrollo curricular y la integración de tecnologías emergentes e inteligencia artificial en la educación superior.

Cintia Amaral Montesino

Licenciada y maestra en Microbiología, con acentuación en Fermentaciones. Doctora en Ciencias de la Nutrición, con acentuación en Obesidad. Profesora-investigadora de la Escuela de Medicina de la UdeM. Sus líneas de investigación están relacionadas con microbiota, obesidad y síndrome metabólico, así como con el empleo de probióticos y prebióticos para mejorar la salud humana.

Daniela Miranda Rochín

Doctora en Psicología de la Salud y del Deporte por la Universidad Autónoma de Barcelona. Maestra en Psicología del Deporte por la UANL. Tiene especialidad en Promoción de la Salud y Prevención del Comportamiento Adictivo por la UNAM. Su investigación se centra en el bienestar de las y los deportistas y la influencia de su entorno social.

Edith Luévano Hipólito

Doctora en Ingeniería de Materiales por la UANL. Adscrita al Departamento de Ecomateriales y Energía de la FIC-UANL. Miembro del SNII, nivel I.

Graciela Velázquez Delgado

Licenciada en Historia, maestra y doctora en Filosofía por la UG. Profesora titular A de tiempo completo del Departamento de Historia. Sus líneas de investigación son historia de la ciencia y teoría de la historia e historiografía. Miembro del SNII, nivel I.

Juana Lira Pérez

Ingeniera bioquímica, con especialidad en Alimentos. Maestra en Ciencias en Ingeniería Bioquímica, con especialidad en Biotecnología. Doctora en Ciencias, con especialidad en Biotecnología, por el IPN. Cuenta con experiencia en la manipulación y aplicación de microorganismos para la remoción de diversos contaminantes. Catedrática Comecyt en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

Karla Ivette Pacheco Vázquez

Ingeniera química industrial. Cursa la Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica en el TESE. Su formación de posgrado se orienta al campo de la biotecnología, enfocado en el desarrollo de materiales sostenibles con potencial de aplicación industrial.

Leticia Myriam Torres Martínez

Premio Nacional de Ciencias en Tecnología Innovación y Desarrollo 2018. Directora General del Centro de Investigación en Materiales Avanzados. Sus líneas de investigación son la síntesis y aplicación de materiales avanzados, como polvos y películas en proyectos de energía renovable y descontaminación sustentable. Investigadora emérita en el SNII.

Lex Sailer

Estudiante en Psicología y asistente de investigación en psicología del trabajo y organizacional en la Universidad de Viena (Austria). Sus enfoques de investigación son resiliencia a través del entorno deportivo.

María Josefa Santos

Doctora en Antropología Social. Su área de especialidad se relaciona con los problemas sociales de transferencia de conocimientos, dentro de las líneas de tecnología y cultura y estudios sociales de la innovación. Ha trabajado con distintos colectivos que van de las grandes empresas mexicanas a las pequeñas producciones agrícola-

las, pasando por las bibliotecas y los pequeños negocios de migrantes mexicanos en Estados Unidos. Imparte las asignaturas de Ciencia y Tecnología para las RI en la Licenciatura de Relaciones Internacionales y Desarrollo Científico Tecnológico y su Impacto Social en la Maestría de Comunicación.

María Rocío Alfaro Cruz

Doctora en Ingeniería y Ciencia de Materiales por la UASLP. Realizó estancia posdoctoral en CIMAV-Monterrey. Sus líneas de investigación están orientadas en el depósito y caracterización de películas delgadas por técnicas físicas y métodos químicos de depósito, con aplicaciones en la generación de combustibles solares y la descontaminación de aguas y superficies. Adscrita al Departamento de Ecomateriales y Energía de la FIC-UANL. Miembro del SNII, nivel I.

Marina García Solà

Doctora en Psicología de la Salud y del Deporte y maestra en Psicología del Deporte y de la Actividad Física por la Universidad Autónoma de Barcelona. Su investigación se centra en el deporte femenino, el bienestar de las deportistas y los procesos de profesionalización.

Mayola García Rivero

Ingeniera bioquímica industrial, maestra y doctora en Biotecnología, por la UAM Iztapalapa. Profesora titular en el TESE. Su trabajo de investigación se centra en el diseño y desarrollo de bioprocesos sostenibles, con énfasis en la biodegradación de contaminantes orgánicos como hidrocarburos, colorantes textiles y contaminantes emergentes mediante cultivos fúngicos y bacterianos. Cuenta con perfil Prodep. Miembro del SNII, nivel I.

Olga C. Rojas

Doctora en Ciencias, con orientación en Microbiología Médica; maestra en Ciencias, en Micología, tiene especialidad en Micología Médica. Docente e investigadora en la FM-UANL. Sus líneas de investigación se centran en el diagnóstico molecular de patógenos humanos, epidemiología molecular, estudio de la microbiota oral e intestinal humana. Miembro del SNII, nivel II.

Pedro César Cantú Martínez

Doctor en Ciencias Biológicas. Doctor Honoris Causa, con la Mención Dorada Magisterial, por el OIICE, y en Bioética, por la UANL. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el Inso-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la calidad de vida e indicadores de sustentabilidad ambiental. Fundador de la revista *Salud Pública y Nutrición (RESPyN)*. Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

Rylan Curtis

Candidata a doctora en la Universidad de Toronto. Su investigación aborda las experiencias psicosociales de las deportistas femeninas en relación con el ciclo menstrual. Analiza la comunicación entre deportistas, padres y entrenadores sobre menstruación y menarquia, así como su impacto en las experiencias deportivas de adolescentes.

Lineamientos de colaboración

CienciaUANL

La revista *CienciaUANL* tiene como propósito difundir y divulgar la producción científica, tecnológica y de conocimiento en los ámbitos académico, científico, tecnológico, social y empresarial.

En sus páginas se presentan avances de investigación científica, desarrollo tecnológico y artículos de divulgación en cualquiera de las siguientes áreas:

- ciencias exactas
- ciencias de la salud
- ciencias agropecuarias
- ciencias naturales
- humanidades
- ciencias sociales
- ingeniería y tecnología
- ciencias de la tierra

Asimismo, se incluyen artículos de difusión sobre temas diversos que van de las ciencias naturales y exactas a las ciencias sociales y las humanidades.

Las colaboraciones deberán estar escritas en un lenguaje **claro, didáctico y accesible**, correspondiente al público objetivo; no se aceptarán trabajos que no cumplan con los criterios y lineamientos indicados, según sea el caso se deben seguir los siguientes criterios editoriales.

Criterios generales

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiéndose por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no haya sido publicada o enviada a otras revistas.
- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores (tres para los artículos de divulgación), en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación. Una vez entregado el trabajo, no se aceptarán cambios en el orden y la cantidad de los autores.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas, incluyendo tablas, figuras y referencias. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de máximo 100 palabras y código identificador ORCID de cada autor, ficha de datos y carta firmada por todos los autores (ambos formatos en página web) que certifique la originalidad del artículo y cedan derechos de autor a favor de la UANL.
- Material gráfico incluye figuras, dibujos, fotografías, imágenes digitales y tablas, de al menos 300 DPI en formato .jpg o .png y deberán incluir derechos de autor, permiso de uso o referencia. Las tablas deberán estar en formato editable.

- El artículo deberá contener claramente los siguientes datos: título del trabajo, autor(es), código identificador ORCID, institución y departamento de adscripción laboral (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios) y dirección de correo electrónico para contacto de cada investigador.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias utilizadas en el texto; éstas deberán citarse en formato APA, incluyendo nombre y apellidos de la autoría.
- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, además de cinco ideas y cinco palabras clave.
- Los autores deberán revelar el uso de contenidos generados por IA y herramientas asistidas por IA en su proceso de escritura.

Criterios específicos para artículos académicos

- El artículo deberá ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- Deberá considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.
- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deberán contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deberán presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.
- Sólo se aceptarán modelos matemáticos si son validados experimentalmente por el autor.
- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que a una de ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.

Criterios específicos para artículos de divulgación

- Los contenidos científicos y técnicos tendrán que ser conceptualmente correctos y presentados de una manera original y creativa.
- Todos los trabajos deberán ser de carácter académico. Se debe buscar que tengan un interés que rebase los límites de una institución o programa particular.
- Tendrán siempre preferencia los artículos que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática o lectores a los que se dirige la revista.
- Para su mejor manejo y lectura, cada artículo debe incluir una introducción al tema, posteriormente desarrollarlo y finalmente plantear conclusiones. El formato no maneja notas a pie de página.
- En el caso de una reseña para nuestra sección *Al pie de la letra*, la extensión máxima será de dos cuartillas, deberá incluir la ficha bibliográfica completa, una imagen de la portada del libro, por la naturaleza de la sección no se aceptan referencias.



Notas importantes

- Sólo se recibirán artículos por convocatoria, para mayor información al respecto consultar nuestras redes sociales o nuestra página web: <http://cienciauanl.uanl.mx/>
- Los autores deberán declarar que en el proceso de elaboración de la investigación o redacción del documento no hubo conflictos de intereses; en caso de haberse presentado, deberán indicar los acuerdos que efectuaron. Asimismo, de haber contado con financiamiento, deberán anotar la institución o el nombre del fondo de dónde provino.
- Todas las colaboraciones, sin excepción, deberán pasar por una revisión preliminar, en la cual se establecerá si éstas cumplen con los requisitos mínimos de publicación que solicita la revista, como temática, extensión, originalidad y estructuras. Los editores no se obligan a publicar los artículos sólo por recibirlos.
- Todos los números se publican por tema, en caso de que un artículo sea aceptado en el dictamen, pero no entre en la publicación del siguiente número, éste quedará en espera para el número más próximo con la misma temática.
- Una vez aprobados los trabajos, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.
- Todos los artículos de difusión recibidos **serán sujetos al proceso de revisión *peer review* o revisión por pares**, del tipo **doblo ciego**; los documentos se envían sin autoría a quienes evalúan, con el fin de buscar objetividad en el análisis; asimismo, las personas autoras desconocen el nombre de sus evaluadores.
- Bajo ningún motivo serán aceptados aquellos documentos donde pueda ser demostrada la existencia de transcripción textual, sin el debido crédito, de otra obra, acción denominada como plagio. Si el punto anterior es confirmado, el documento será rechazado inmediatamente.

Todos los artículos deberán subirse en la página:
<https://cienciauanl.uanl.mx/ojs/index.php/revista/index>

Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:
Tel: (5281)8329-4236. <http://www.cienciauanl.uanl.mx/>

o bien en la siguiente dirección:
revista.ciencia@uanl.mx



VISIÓN UANL
2040

excelencia
por principios
en educación
como instrumento



Indexada en:

PERIÓDICA

biblat

Actualidad Iberoamericana
Índice Internacional de revistas

CUIDEN

latindex
CATÁLOGO "HEMISFERIO LATINOAMERICANO"