



CIENCIAUANL

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

mayo - junio 2025

Año 28, número 131



Año 28,
Número 131
mayo - junio 2025

- Los cactus "viejitos" de México
- Microplásticos en ambientes acuáticos
- Las macroalgas en el Caribe
- Pasto forrajero con aguas negras



Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario general

Dr. Juan Manuel Alcocer González
Secretario de investigación científica y desarrollo tecnológico

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director Ciencia UANL

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
Diseño: Orlando Javier Izaguirre González
Corrector de inglés: Alejandro César Argueta Paz
Servicio social: Ángel Ismael Contreras Siller

Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas
Portada: Francisco Barragán Codina
Fotografía de portada: Martha Gabriela Aguilar Flores
Webmaster: Mayra Silva Almanza

CienciaUANL, Año 28, N° 131, mayo-junio de 2025. 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, Licitud de Título y Contenido: 14914, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor; ISSN-E: en trámite. 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 mayo de 2025, tiraje: 1,400 ejemplares. Fecha de última modificación: 02 de mayo de 2025.

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.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

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

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2025

Ciencia UANL

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



Sustentabilidad urbana de la mano de la naturaleza

Mariana Martínez-Castrejón, Giovanni Hernández-Flores

16 OPINIÓN



No todo lo que llega es sargazo: la diversidad oculta de macroalgas en las playas del Caribe

Alena B. Kharissova, Deyani Nocedo-Mena, Sergio Manuel Salcedo-Martínez, Shadai Lugo-Loredo

24 EJES



¡Aguas negras! La fuente de nutrientes perfecta para cultivar pasto forrajero

Erik Yoel Carreto-Morales, Jazmin Alaide López-Díaz, Giovanni Hernández-Flores

32 SECCIÓN ACADÉMICA

33

Microplásticos en ambientes acuáticos: ¿cuáles son las tecnologías para su eliminación?

Denise Margarita Rivera-Rivera, Melissa Marlene Rodríguez-Delgado, Juan Francisco Villarreal-Chiu

39

Cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en riego deficitario y suelo enriquecido con estiércol caprino

Luis Eduardo Tamayo-Ruiz, Patricio Rivera-Ortiz, Efraín Neri-Ramírez

43

Estudio de caso de una reforestación con especies nativas del noreste de México

José Manuel Mata-Balderas, Tania Isela Sarmiento-Muñoz,
Karen Alejandra Cavada-Prado

50

CURIOSIDAD



Los cactus conocidos como viejitos del noreste de México y su historia natural

Martha Gabriela Aguilar-Flores, Lorena Garrido-Olvera,
Arturo Mora-Olivo

58

CIENCIA DE FRONTERA



Conocimientos comunitarios para el manejo de los recursos hídricos: entrevista a Ángel Merlo Galeazzi

María Josefa Santos-Corral

66

SUSTENTABILIDAD



Crisis climática y sus consecuencias

Pedro César Cantú-Martínez

76

COLABORADORES

Desde contar animales hasta analizar galaxias: **la ciencia ciudadana es la nueva herramienta de los científicos**

¿ Te imaginas ser parte de un descubrimiento increíble, sin ser un experto en el tema? La ciencia ciudadana lo hace posible, permitiendo que cualquier persona contribuya a las investigaciones locales, nacionales, globales o incluso espaciales. Esta colaboración entre especialistas y aficionados está revolucionando la forma en que se hace ciencia, democratizando el conocimiento y propiciando que todos seamos parte de algo más grande.

La ciencia ciudadana es la invitación a la comunidad en general para colaborar en la recolección de información y resolver problemas científicos. En algunos casos pueden ser cosas tan simples como ir al parque y observar aves, mientras que, en otros, reportar la presencia de asteroides o medir la temperatura y capturar imágenes durante un eclipse. Nace de la necesidad de los investigadores por obtener información y del amor de los aficionados por la naturaleza, con el objetivo de estrechar la brecha del público y la ciencia. Buscando involucrarlos en diálogos más profundos y en la toma de decisiones acerca de los problemas relacionados con los riesgos y daños ambientales que nos rodean.

131

EDITORIAL

Israel Rojo Ramos*

ORCID: 0009-0005-9038-6393

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

Proyectos a nivel global, por ejemplo, eBird, han permitido a todos los amantes de observar aves transformar su afición en más que sólo una actividad para relajarse. Ahora sus avistamientos ayudan a los científicos a resolver problemas locales y mundiales, que se traducen en mejores medidas de conservación. Por ejemplo, ayudó en el desarrollo de estrategias que favorecen la anidación de aves acuáticas en Columbia Británica, Canadá. Gracias a los reportes locales hechos en eBird, se establecieron nidos artificiales en las zonas preferidas de cada especie.

También existen proyectos como Zooniverse, donde se reportan avistamientos astronómicos. Muchos aficionados a la astronomía participan aquí, desde niños hasta veteranos expertos. En 2011, Katheryn Gray, con 10 años, se volvió la persona más joven en descubrir una supernova, demostrando que no necesitas ser un experto en el área, solamente disfrutar lo que haces.

La ciencia ciudadana no sólo acelera la recolección de datos, también fomenta la educación científica y crea conciencia sobre problemas globales, como el cambio climático o la pérdida de biodiversidad. Autorizar a los ciudadanos a participar en la recolección de datos les permite entender las dificultades que estamos viviendo y tomar acción sobre ellas. Mientras que, a los expertos, les da una forma sencilla de transmitir su trabajo y conseguir colaboradores interesados en apoyarlos.

Participar es más fácil de lo que piensan. No es necesario ir a algún sitio a inscribirte, ni hacer filas largas o juntar y entregar montones

de papeles. Únicamente se necesita descargar aplicaciones del tipo iNaturalist para identificar especies o unirse a plataformas como SciStarter donde se pueden encontrar proyectos que se ajusten a nuestros intereses.

La ciencia no es exclusiva de laboratorios, y la ciencia ciudadana es una muestra de ello. Aunque aún existen quienes se niegan a usarla, es indudable que la combinación entre la capacidad de colecta de datos por parte de los civiles y la habilidad de los científicos para analizar y predecir patrones forman una innovadora herramienta que ayudará a llegar a nuevos horizontes.

Descarga aquí nuestra versión digital.





Sustentabilidad urbana de la mano de la naturaleza

Mariana Martínez-Castrejón*

ORCID: 0000-0002-1224-7479

Giovanni Hernández-Flores**

ORCID: 0000-0001-8464-832X

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.131-1>

* Tecnológico Nacional de México, Acapulco, México.

Contacto mariana.mc@acapulco.tecnm.mx

**SECIHTI-Escuela Superior de Ciencias de la Tierra/Universidad Autónoma de Guerrero, Acapulco, México.

Contacto: gbernandez@secihti.mx

The background of the page is a collage of textured, crumpled paper. The top half is primarily blue, while the bottom half features a torn, layered map of Mexico. The map is made of green and brown textured paper, with white outlines of the country's borders. The text is overlaid on the blue paper.

La sociedad contemporánea se enfrenta a un problema grave originado por el crecimiento demográfico. La expansión urbana como consecuencia de la movilización de personas o por el aumento acelerado de la población requiere del consumo significativo de recursos naturales para garantizar la satisfacción de las necesidades en las metrópolis (Aghamirloo *et al.*, 2015). Este fenómeno es responsable del deterioro de vastos espacios vírgenes que se convierten en superficies áridas e impermeables privando a la sociedad de los beneficios que nos da la naturaleza inalterada.

Solucionar los desafíos impuestos por la urbanización, sin alterar el equilibrio ecológico, es un verdadero dolor de cabeza para la sociedad actual. Las ciudades son especialmente susceptibles a fenómenos adversos relacionados directamente con el agua: precipitaciones extremadamente abundantes o las intensas sequías. Estos fenómenos se asocian de manera indirecta con el incremento de la temperatura, las olas de calor y las tormentas de polvo, resultado de una mala planeación por no considerar el factor –infiltración– cuando se presentan los cambios de uso de suelo en la planificación de las localidades. Todo esto afecta negativamente el bienestar de las personas provocando pérdidas materiales y humanas, evidenciando la vulnerabilidad de la sociedad más desprotegida (World Water Assessment Programme, 2018).

SOLUCIONES NATURALES A LOS RETOS SOCIALES

Históricamente, los urbanistas y los tomadores de decisiones especializados en planificación y gestión de los recursos urbanos –entre ellos el agua– han echado mano de soluciones técnicas de ingeniería convencional, también llamada infraestructura gris, para hacer frente a estos desafíos. Sin embargo, ésta se muestra obsoleta, poco rentable e inadecuada; es decir, insustentable o insostenible –como se le quiera llamar–. A manera de alternativa, y con los objetivos de preservar la diversidad biológica y lograr resiliencia ante el cambio climático, el Banco Mundial y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza presentaron el concepto de *soluciones basadas en la naturaleza* (SbN) al inicio del siglo XXI (Banco Mundial, 2008; UICN, 2009). El concepto de SbN es el punto de partida ante la necesidad imperativa de preservar los recursos naturales que garantizan la existencia de la humanidad –especialmente la de salvaguardar la cantidad y calidad del agua–.

En el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (2018) se planteó que las SbN son propuestas tecnocientíficas que retoman saberes ancestrales o que imitan o se benefician de los procesos naturales mejorando la gestión hídrica (WWAP, 2018). En el marco internacional se han ido posicionando en el interés de la sociedad con el fin de alcanzar los objetivos planteados en la Agenda 2030 y particularmente las metas del objetivo 6 para el desarrollo sostenible: “Agua limpia y saneamiento” (figura 1).

La principal característica que define a las SbN es que su implementación beneficia en simultáneo a la diversidad biológica y el bienestar humano. El concepto de SbN incluye en su perspectiva de conservación a los servicios ecosistémicos y la infraestructura ecológica para fortale-



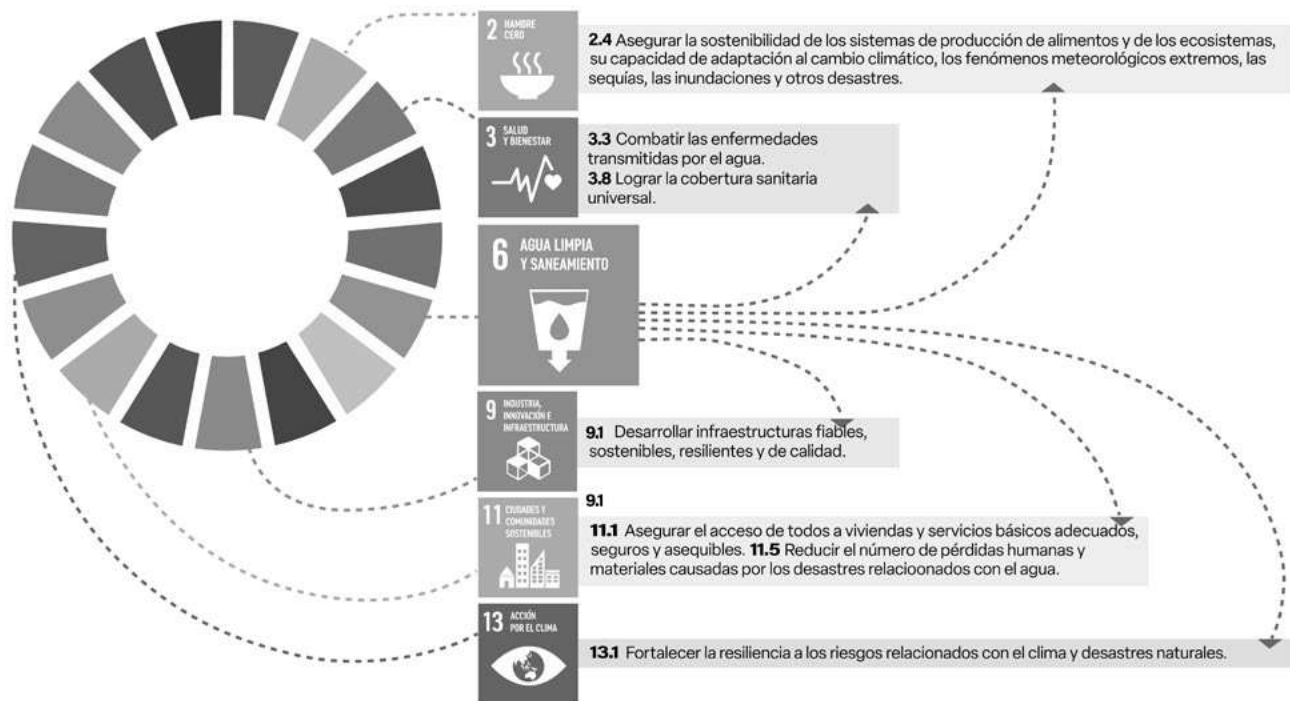


Figura 1. Relación directa del Objetivo para el Desarrollo Sostenible 6 con otros de la Agenda 2030.

Fuente: elaboración propia en concordancia con los lineamientos emitidos por el Departamento de Comunicación Global de la Organización de las Naciones Unidas, 2020.

cer la biodiversidad, el bienestar y la resiliencia desde enfoques trans e interdisciplinarios. Su implementación mejora el entorno urbano, crea áreas agradables a la vista e incrementa el bienestar de la población en los espacios públicos abiertos aprovechando el microclima y contrarrestando el fenómeno de isla de calor.

Las SbN se sustentan en el concepto de economía circular. Este modelo económico impulsa la reducción de los desechos y la gestión sustentable a través de su revalorización priorizando la reutilización de agua y nutrientes recuperados. En consecuencia, disminuye la contaminación y los costos en la gestión hídrica (Martínez-Castrejón *et al.*, 2022a).

Por otro lado, las principales estrategias del enfoque de preservación del ciclo hidrológico urbano de las SbN son la protección del terreno permeable y el fomento de zonas vegetadas intraurbanas. Algunos ejemplos de éstas son: implementación de humedales artificiales y restauración o conservación de los naturales, sistemas de captación de agua de lluvia, suelos y pavimentos permeables, techos y muros verdes y sombras vegetales.

Todas estas SbN traen una serie de ganancias colaterales para los seres humanos, además de las directamente relacionadas con la gestión hídrica. Entre éstas resaltan la dotación y regulación de la calidad del agua, favorecer el confort térmico, aprovechamiento de nutrientes, prevención de inundaciones o disminución de la escorrentía pluvial, evitar la dispersión de contaminación, la reducción del ruido, la purificación del aire, fijación del dióxido de carbono, escenarios estéticos y zonas de recreación urbana.

LIMITACIONES PARA LA ADOPCIÓN DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

A pesar de los múltiples beneficios de las SbN, estas propuestas no han alcanzado una implementación significativa en el contexto urbano latinoamericano (Ozment *et al.*, 2021). La mayoría queda en nivel de promesa sin alcanzar la implementación debido a la insuficiencia de recursos. La carencia económica de los gobiernos municipales, de los proveedores de servicios de infraestructura y los responsables de la gestión de los recursos urbanos es un escenario común en países en vías de desarrollo. En Latinoamérica no existe un marco de política pública que incentive la aplicación de las SbN y las guías de gestión actuales no las incluyen (Ilieva *et al.*, 2018).

Otra limitante es que los proyectos propuestos son iniciativas a microescala dirigidas a la comunidad local que no cuenta con capital o con capacidad crediticia que les permita afrontar la inversión que requiere su implementación. Además de las económicas, se presentan limitaciones de índole sociocultural como la falta de confianza en la eficiencia, en la calidad de los efluentes recuperados y los subproductos, y en su capacidad para satisfacer las necesidades reales de la sociedad. Asimismo, la falta de preparación técnica y el desconocimiento generalizado sobre su aplicación en escenarios reales. La desinformación restringe la participación ciudadana y su involucramiento en la demanda y gestión de las SbN ante los organismos gubernamentales gestores del agua y del espacio urbano.

En suma, la concientización de la sociedad sobre las ventajas de las SbN es prioritaria, sin esta acción jamás habrá un avance significativo en su implementación. La concientización en los tomadores de decisiones es esencial; sobre ellos recae la responsabilidad de la gestión sustentable del agua en las urbes y la educación ambiental de los beneficiarios finales de estas soluciones técnicas.

EJEMPLOS DE INSPIRACIÓN

Entre los esfuerzos latinoamericanos hacia la adopción de SbN, México y Colombia encabezan la lista con mayor cantidad de experiencias de aplicación. Sin embargo, se enfocan en zonas rurales y no urbanas donde los efectos de escasez hídrica y el cambio climático no se resienten por una mayor cantidad de población (Ozment *et al.*, 2021). La comunidad científica se ha esforzado por destacar la utilidad de su implementación en las metrópolis. Tellman *et al.* (2018) estimaron los beneficios directos en la gestión



hídrica en 70 ciudades de Latinoamérica y el Caribe. Los autores reportan que la mejora en la calidad del agua y la mitigación de los efectos adversos por inundaciones en temporada pluvial son los dos principales problemas que se pueden mitigar.

Una estrategia diseñada para atenuar la escorrentía pluvial es el caso de Silva (2016), quien logró la reconversión del techo de una vivienda ubicada en una zona marginal, en un tejado verde en Río de Janeiro, Brasil (<https://oppla.eu/>). La temperatura interior de la vivienda descendió significativamente en relación con el exterior durante las horas de calor. Otra experiencia de reconversión es la reportada por Martínez-Castrejón *et al.* (2022b). Un caso de estudio en la ciudad de Acapulco, Guerrero, en el que la captación pluvial a partir de una losa de una vivienda unifamiliar logra satisfacer la demanda hídrica destinada a usos secundarios de una familia promedio por tres meses y contribuye con la disminución de la escorrentía pluvial.

Por otro lado, Beltrán-Hernández *et al.* (2020) proponen un riguroso estudio sobre alternativas que mitiguen los efectos del sellado del suelo urbano. Entre las SbN propuestas por los investigadores destacan la implementación de tres tipos de pavimento sustentable: permeable, de alta reflectancia y fotocatalítico para la descomposición de gases de efecto invernadero. Además, se proponen los corredores verdes y jardines públicos dotados de oasis de lluvia, los pozos de absorción y las zanjas de infiltración.

En las investigaciones citadas, la participación multidisciplinaria y de los ciudadanos es de suma relevancia, quienes con la implementación de las SbN se convierten en cogestores del agua cuando éstas se aplican en el entorno doméstico.

CONSIDERACIONES FINALES

El respeto por la superficie permeable en las ciudades es un factor decisivo para la preservación de la biodiversidad, recarga de acuíferos y la buena gestión del recurso hídrico. A pesar de que esta práctica ya se encuentra respaldada por los reglamentos de construcción locales, es necesario supervisar su cumplimiento. Dicha vigilancia requiere de la colaboración de la sociedad a través del ejercicio de una gobernanza participativa, que sólo puede lograrse de la mano de la educación ambiental. Además, las SbN propician la descentralización de la infraestructura fortaleciendo en los ciudadanos la autogestión hídrica. Sus beneficios se sostienen en la conciencia ambiental y se enfocan en la gestión sustentable del ciclo urbano del agua y su revaloración desde la perspectiva interdisciplinaria.

Las limitaciones económicas pueden ser resueltas con la creación de asociaciones entre proveedores de infraestructura y tecnología, los gobiernos y las comunidades. Éstas pueden llevar a la propuesta de privilegios fiscales para quienes integren SbN a los proyectos de vivienda nueva y reconversión de la existente.

Las SbN son aplicaciones que se sujetan a las condiciones particulares naturales, económicas y sociales de cada contexto. Por esta razón, es necesario desarrollar más investigaciones aplicando SbN y dar a conocer los beneficios para apoyar a los tomadores de decisiones, a los gestores municipales, privados y a la sociedad en general.

REFERENCIAS

Aghamirloo, Mohammadreza R., Nakhaei, Mahdeyh, Beigbabaei, Bashir, *et al.* (2015). The role of green space in improving the environmental quality and an introduction to the sustainable development of cities, *Fen Bilimleri Dergisi (CFD)*, 36(6).

Banco Mundial. (2008). *Biodiversity, Climate Change, and Adaptation: Nature-based Solutions from the World Bank Portfolio*, <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/6216>

Beltrán-Hernández, Rosa I., Lucho-Constantino, Carlos A., Lizárraga-Mendiola, Liliana G., *et al.* (2020). Alternativas para contrarrestar los efectos del sellado antropogénico del suelo, *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 8(15), 56-62, <https://doi.org/10.29057/icbi.v8i15.5241>

Ilieva, L., McQuistan, C., van Breda, A., *et al.* (2018). *Adopting nature-based solutions for flood risk reduction in Latin America. Practical Action/MWF/IUCN CEM*, https://www.unisdr.org/preventionweb/files/62869_22311672018111511122.pdf

Martínez-Castrejón, Mariana, López-Díaz, Jazmín A., Solorza-Feria, Omar, *et al.* (2022a). Environmental, Economic, and Social Aspects of Human Urine Valorization through Microbial Fuel Cells from the Circular Economy Perspective, *Micromachines*, 13(12), 2239, <https://doi.org/10.3390/mi13122239>

Martínez-Castrejón, Mariana, Flores-Munguía, Enrique J., Talavera-Mendoza, Óscar, *et al.* (2022b). Water Efficiency Households Retrofit Proposal



Based on Rainwater Quality in Acapulco, Mexico, *Water*, 14(18), 2927, <https://doi.org/10.3390/w14182927>

Oppla.eu. (2020). *Nature-based solutions in Brazil*, <https://oppla.eu/nbs/brazil>

Ozment, Suzanne, González, Maggie, Schumacher, Anelise, *et al.* (2021). *Soluciones basadas en la naturaleza en América Latina y el Caribe: situación regional y prioridades para el crecimiento*,. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo e Instituto de Recursos Mundiales, <http://dx.doi.org/10.18235/0003687>

Silva, Bruno R. (2016). *Telhados Verdes em clima tropical: uma nova técnica e seu potencial de atenuação térmica*, Tesis de Doctorado en Ingeniería Civil- Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Tellman, Beth, McDonald, Robert I., Goldstein, Joshua H., *et al.* (2018). Opportunities for natural infrastructure to improve urban water security in Latin America, *PLOS ONE*, 13(12), e0209470, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209470>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2009). *No time to lose-make full use of nature-based solutions in the post-2012 climate change regime*, Decimoquinta sesión de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP15), Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Copenhague (Dinamarca), del 7 al 18 de diciembre.

Departamento de Comunicación Global de la Organización de las Naciones Unidas. (2020). *Sustainable Development Goals Guidelines For the Use of The SDG Logo Including the Colour Wheel, and 17 Icons*, United Nations, Department of Global Communication, New York, <https://unsdg.un.org/es/resources/directrices-para-el-uso-del-logotipo-de-los-ods-incluida-la-rueda-de-colores-y-los-17>

World Water Assessment Programme. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*, Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos, UNESCO/ONU-Agua, París.

Recibido: 27/11/2023

Aceptado: 22/03/2024

Descarga aquí nuestra versión digital.





No todo lo que llega es sargazo:

la diversidad oculta de macroalgas en las playas del Caribe

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.131-2>

Alena B. Kharissova*
ORCID: 0009-0004-6274-8361

Deyani Nocedo-Mena*
ORCID: 0000-0001-8061-8609

Sergio Manuel Salcedo Martínez*
ORCID: 0000-0003-4672-420X

Shadai Lugo Loreda*
ORCID: 0000-0002-7290-7571

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: alena.borisovnakh@uanl.edu.mx, deyani.nocedomn@uanl.edu.mx, sergio.salcedomr@uanl.edu.mx, shadai.lugold@uanl.edu.mx



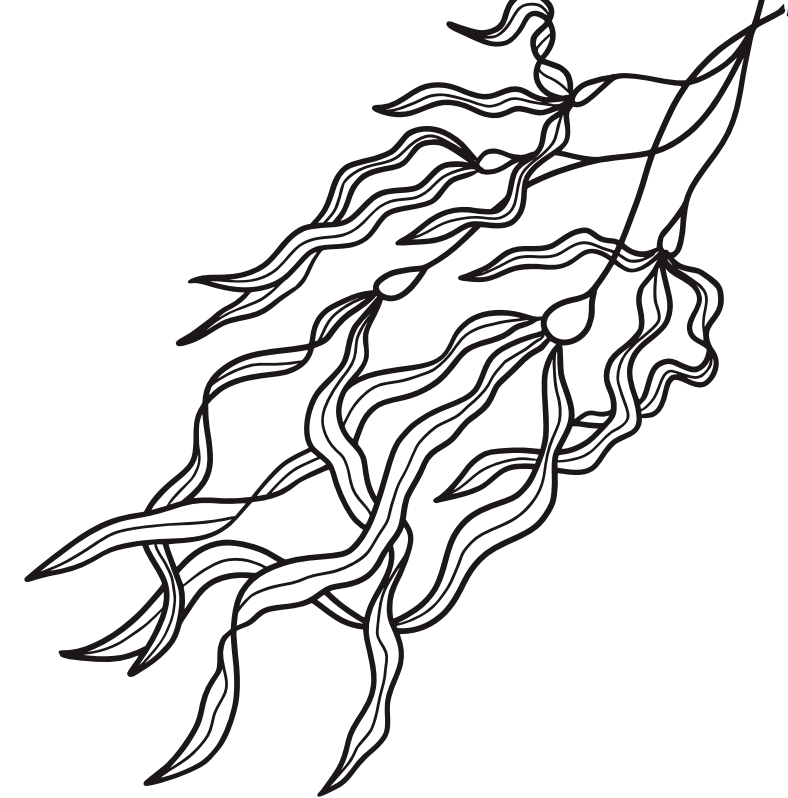
Cada año, miles de toneladas de algas marinas arriban a las costas del Caribe a causa del Gran Cinturón de Sargazo del Atlántico (GASB, por sus siglas en inglés), el mayor florecimiento de la macroalga de este tipo del mundo, de hasta 8,850 km y un peso que ronda las 22 toneladas (EPA, 2023). Dichas playas, usualmente adornadas sólo por arena blanca y aguas turquesas, ahora se ven cubiertas por densas pilas en descomposición de macroalgas color pardo, conocidas coloquialmente como “sargazo”.

Si bien *Sargassum* spp. ha sido históricamente común en el Mar Caribe, en años recientes su abundancia se ha incrementado a niveles nunca antes vistos. Solamente en 2023, la NASA registró más de 13 millones de toneladas afectando estacionalmente el Golfo de México (NASA/Earth Observatory, 2023) entre los meses de abril a septiembre (Secretaría de Marina, 2023), la temporada de sargazo en el Golfo de México. Con justa razón, esta explosiva proliferación ha generado gran preocupación: su exceso puede causar serios problemas ambientales, económicos y de salud pública.

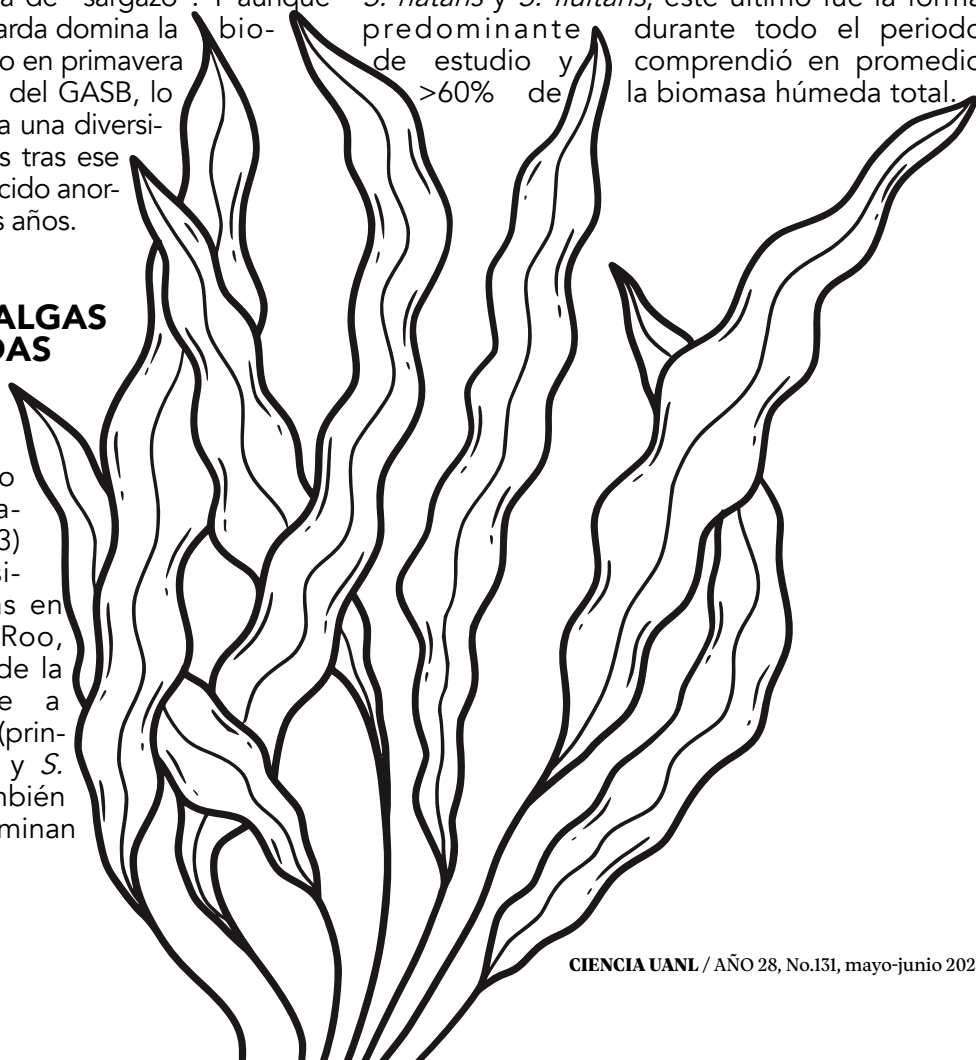
El gas lixiviado por el sargazo en descomposición (sulfuro de hidrógeno, H_2S) asfixia los arrecifes coralinos y el ecosistema subyacente (Hendy *et al.*, 2021), mientras que en Quintana Roo se ha reducido el producto interno bruto (PIB) un 11.6%, lo que equivale a 40 mil millones de pesos (Schling *et al.*, 2022) a causa de la disminución del turismo. Sin embargo, al referirnos a la acumulación de algas en playas y litorales, solemos meterlas a todas en la misma bolsa de "sargazo". Y aunque ciertamente esta alga parda domina la biomasa costera, sobre todo en primavera y verano con la llegada del GASB, lo cierto es que existe toda una diversidad de especies ocultas tras ese manto pardo que ha crecido anormalmente en los últimos años.

OTRAS MACROALGAS ENCONTRADAS

Un estudio publicado recientemente (Salgado-Hernández, 2023) analizó la composición de algas varadas en playas de Quintana Roo, México, si bien 98% de la biomasa corresponde a especies de sargazo (principalmente *S. fluitans* y *S. natans*) existen también otras algas que predominan



en otoño e invierno. Asimismo, un estudio muy extenso (García-Sánchez *et al.*, 2020) presentó los cambios temporales en la composición y biomasa de especies de *Sargassum* varadas en el Caribe mexicano, las más abundantes fueron *S. natans* y *S. fluitans*; este último fue la forma predominante durante todo el periodo de estudio y comprendió en promedio >60% de la biomasa húmeda total.





En este trabajo se realizó una recolección de macroalgas no nativas en Playa del Carmen y Playa el Recodo, en octubre de 2023. Fueron identificadas las siguientes: (1) *Alsidium triquetrum*, (2) *Ceramium* sp., (3) *Digenea simplex*, (4) *Palisada perforata*, (5) *Gracilaria* sp. (figura 1). Por cada kilogramo de alga mixta fresca, el 44.90% en peso es *A. triquetrum*, 17.70% *Ceramium* sp., 5.80% *Digenea simplex*, 25.60% *P. perforata* y 6.00% *Gracilaria* sp. Estas macroalgas rojas "no sargazo" representan fracciones muy pequeñas de la biomasa total comparadas con el arribo de sargazo cada año. Sin embargo, el hecho de que hayan llegado a las costas del Caribe significa que también deben estar proliferando y su presencia no se puede ignorar.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Las macroalgas cumplen roles ecológicos vitales en los ambientes tropicales. Por ejemplo, participan en el ciclo de nutrientes, proporcionan hábitats y fuentes de alimento a peces, erizos y otras especies marinas, y producen compuestos bioactivos (Fontenelle *et al.*, 2018). También son el sustento de las comunidades de los arrecifes de coral y ecosistemas adyacentes.

Alsidium triquetrum (1) es común en los fondos rocosos y arenosos cercanos a la barrera arrecifal y se encuentra en aguas someras no más profundas de tres metros, aunque se ha vis-

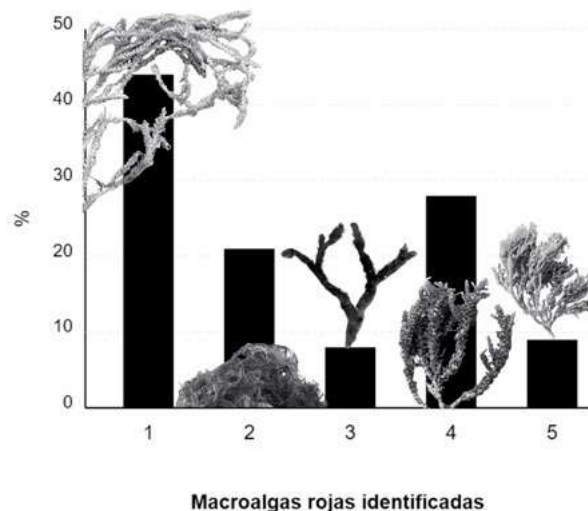


Figura 1. Cinco macroalgas rojas "no sargazo" en las costas de Playa del Carmen, obtenida de Km. 289+10, Carr. Cancún-Tulum, Centro, 77710, Playa del Carmen, Q.R., correspondientes a (1) *Alsidium triquetrum*, (2) *Ceramium*, (3) *Digenea simplex*, (4) *Palisada perforata*, (5) *Gracilaria* (recolectadas el 13 de octubre 2023).

to hasta los 10 m (Areces *et al.*, 2022). Es capaz de tolerar corrientes fuertes y aguas agitadas, pero no puede resistir la acumulación de sedimentos sobre su superficie. Bajo estas condiciones o con poca luz solar, sus ramas se rompen en varios pedazos y, eventualmente, desaparecen en corto tiempo (Areces *et al.*, 2022).

Ceramium sp. (2) y *Digenea simplex* (3) suelen asentarse sobre rocas, siendo éstas de las más comunes en los arrecifes coralinos (Rzedowski, 1993). Mientras que *Palisada perforata* (4) se arraiga en fondos arenosos y se distingue por su patrón de crecimiento cespitoso. Todas ellas son consumidas por peces herbívoros. Otras algas como *Gracilaria* sp. (5) no sólo alimentan a la fauna marina, además sustentan toda una industria de granjas de especies comestibles. *Gracilaria* sp. es cultivada y cosechada para producir el agar-agar, un espesante que sirve de ingrediente en alimentos procesados (Quintero Ramírez *et al.*, 2021).

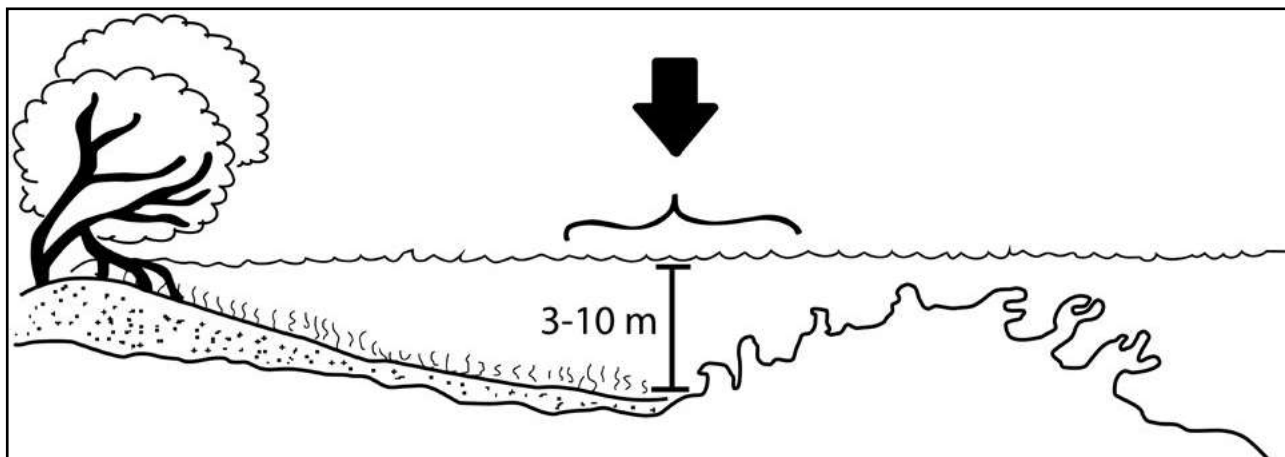


Figura 2. *Alsidium* sp. generalmente se localiza en la zona posterior del arrecife (adaptado de Areces *et al.*, 2022).

CAUSAS DEL AUMENTO DE BIOMASA

Si estas macroalgas han existido desde siempre en los océanos tropicales, ¿por qué ahora vemos cada vez más de ellas llegar a las costas? Para responder la pregunta, primero hay que entender las causas que promueven su incremento desmedido. Los expertos apuntan a una combinación de factores ambientales alterados por las actividades humanas. La proliferación puede verse influenciada por varios factores, como la presencia de contaminantes y exceso de nutrientes en el medio marino (Ali y Hamed, 2006).

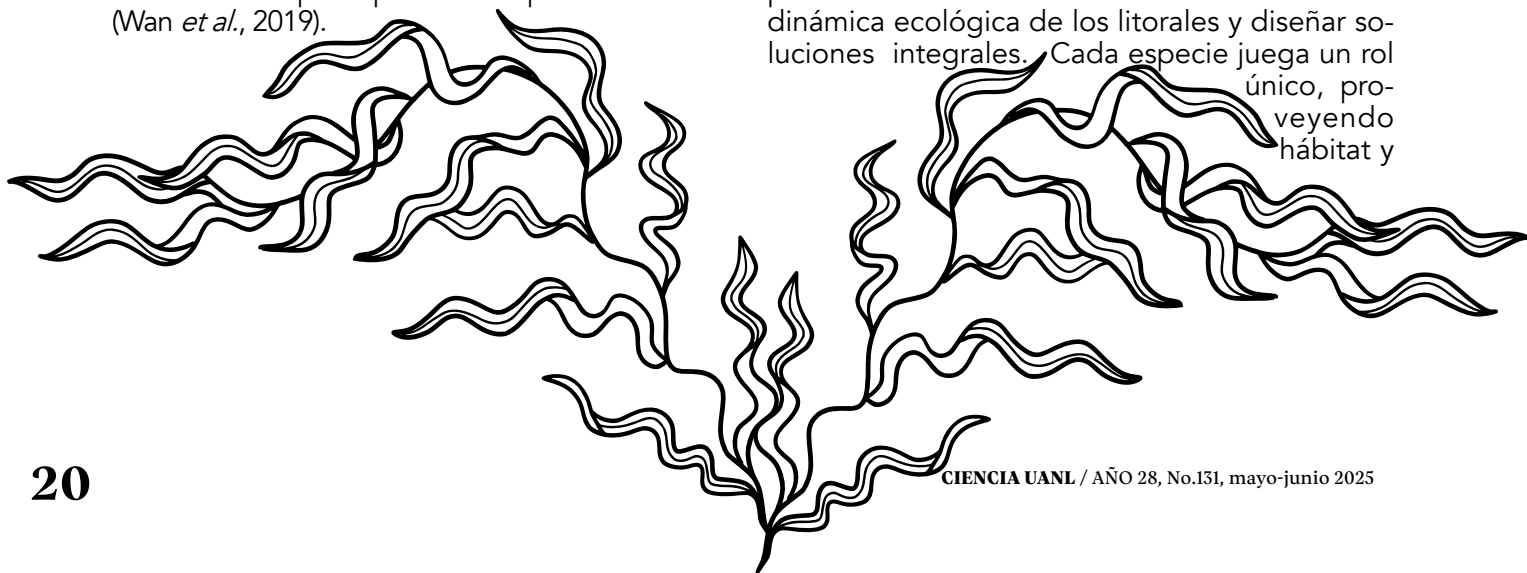
Además, las mayores tasas de crecimiento se han asociado con un aumento en la temperatura del agua de mar y disponibilidad de luz (Kortsch *et al.*, 2012). El cambio climático con temperaturas y niveles de CO₂ crecientes, junto a mayor escorrentía de fertilizantes agrícolas, están causando un ambiente muy propicio en el que las macroalgas proliferan. Éstas se caracterizan por una nutrición autótrofa, no necesitan tierra para su cultivo y su ritmo de desarrollo es más rápido que el de las plantas terrestres (Wan *et al.*, 2019).

A esto hay que sumarle la sobrepesca, que ha contribuido como factor importante a su reproducción en los ecosistemas marinos. La eliminación de peces, particularmente de especies herbívoras, ha resultado en un aumento de la biomasa de macroalgas (Wan *et al.*, 2019). Con menos consumidores naturales, pero con abundantes nutrientes, se crean las condiciones ideales para un desbalance del ecosistema de arrecifes de coral, donde un indicador es la multiplicación de éstas (Cheutin *et al.*, 2021). Por si fuera poco, las corrientes marinas acarrean todo este exceso de biomasa hacia las costas.

SOLUCIONES INTEGRALES

Las crecientes cantidades de macroalgas varadas generan comprensibles preocupaciones por sus impactos sobre el turismo, la pesca y la salud de arrecifes coralinos. Para muchos pobladores costeros esto representa una crisis ambiental y económica. Identificar correctamente su composición resulta clave si se desea entender la dinámica ecológica de los litorales y diseñar soluciones integrales. Cada especie juega un rol

único, proveyendo hábitat y



alimento a diversos organismos; además, atrae una fauna asociada distinta. Conociendo las variedades afectadas por causas antropogénicas, nos ayuda a dimensionar integralmente el impacto del fenómeno y entender que la gravedad del desbalance ecológico es multifactorial e influye en los ciclos biogeoquímicos costeros.

Sin embargo, las respuestas no pueden ser simplistas. El enfoque no debe ser sólo "limpiar" las playas y encontrar una aplicación práctica a los sargazos y a las macroalgas rojas. Hay que entender que su acumulación es un síntoma de desequilibrio ecológico profundo. Por tanto, se requieren soluciones integrales. Esto implica regulaciones sobre fertilizantes, eliminación de fuentes de nutrientes mediante la gestión de aguas residuales, recuperación de poblaciones de peces herbívoros, monitoreo de arrecifes y transición hacia energías limpias.

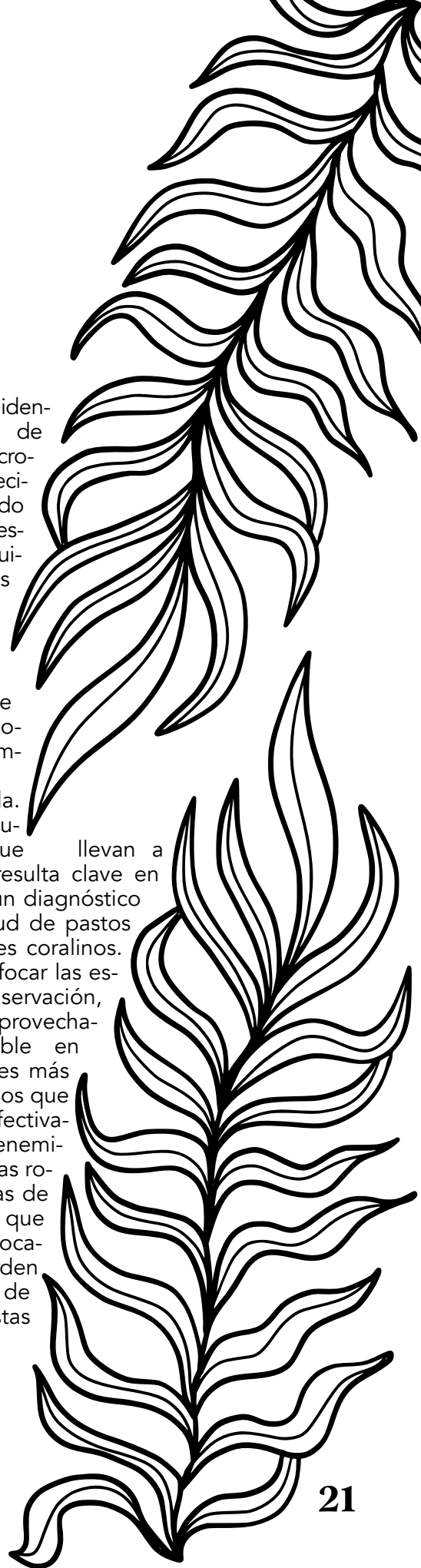
Finalmente, se debe identificar y evitar la pesca de especies herbívoras clave con la capacidad de prevenir o revertir el crecimiento excesivo de algas, reducir la proliferación de macroalgas y la degradación de los arrecifes de coral.

CONCLUSIÓN

La masiva llegada de sargazo del Gran Cinturón del Atlántico (GASB) se origina a miles de kilómetros del Golfo de México, por causas oceanográficas y climáticas globales complejas que generan variaciones en el océano. Sin embargo, al agrupar indistintamente la proliferación simultánea de *Alsidium*, *Ceramium*, *Digenea*, *Palisada* y *Gracilaria*, en las playas de México como "sargazo", se corre el riesgo de generalizar también su procedencia foránea. Esto lleva a asumir, erróneamente, que al igual que el sargazo que arriba estacionalmente, las demás macroalgas no tienen un origen local y que por tanto su proliferación y posibilidades de mitigación escapan a nuestro control.

Así, la falta de identificación certera de especies de macroalgas, cuyo crecimiento exacerbado representa una respuesta a desequilibrios ecológicos inducidos localmente por actividades humanas de la zona, es un indicador de desequilibrios ecológicos en los ambientes costeros a pequeña escala.

Entender las causas específicas que llevan a su proliferación resulta clave en la búsqueda de un diagnóstico certero de la salud de pastos marinos y arrecifes coralinos. Esto permitirá enfocar las estrategias de conservación, restauración y aprovechamiento sustentable en los factores locales más relevantes sobre los que se puede incidir efectivamente. Más que enemigas, las macroalgas rojas son mensajeras de nuestros mares que claman acciones locales que salvaguarden el frágil equilibrio de las preciadas costas caribeñas.



REFERENCIAS

- Abdel-Hamid, Ali, y Hamed, Mohamed. (2006). Impact of water quality deterioration on coral reef community structure in the northern red sea, Egypt, *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 10(2), 117-146, <https://doi.org/10.21608/ejabf.2006.1854>
- Areces, Arsenio, Cabrera, Rubén, Diaz-Larrea, Johana. (2022). Guía ilustrada para el cultivo in situ de *Alsidium triquetrum*, *Brazilian Journals Publicações de Periódicos e Editora* <https://doi.org/10.35587/brj.ed.0001359>
- Cheutin, Marie-Charlotte, Villéger, Sébastien, Hicks, Christina C., et al. (2021). Microbial shift in the enteric bacteriome of coral reef fish following climate-driven regime shifts, *Microorganisms*, 9(8), 1711, <https://doi.org/10.3390/microorganisms9081711>
- Fontenelle, Thais P.C., Cruz-Lima, Glauber, Ximenes, Jacilane, et al. (2018). Lectin obtained from the red seaweed *Bryothamnion triquetrum*: secondary structure and anti-inflammatory activity in mice, *International Journal of Biological Macromolecules*, 112, 1122-1130, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.058>
- García-Sánchez, Martha, Graham, Caroline, Vera, Elisa, et al. (2020). Temporal changes in the composition and biomass of beached pelagic *Sargassum* species in the Mexican Caribbean, *Aquatic Botany*, <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2020.103275>
- Hendy, Ian W., Woolford, Katherine, Vincent-Piper, Alice, et al. (2021). Climate-driven golden tides are reshaping coastal communities in Quintana Roo, México, *Climatic Change Ecology*, 2, 100033, Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecochg.2021.100033>
- Kortsch, Susanne, Primicerio, Raul, Beuchel, Frank, et al. (2012). Climate-driven regime shifts in arctic marine benthos, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(35), 14052-14057, <https://doi.org/10.1073/pnas.1207509109>
- National Aeronautics and Space Administration (NASA) Earth Observatory. (2023). *A Massive Seaweed Bloom in the Atlantic*, NASA Earth Observatory, <https://earthobservatory.nasa.gov/images/151188/a-massive-seaweed-bloom-in-the-atlantic>
- Quintero-Ramírez, Maribel, Mujica-Niño, Anyi, Linarez-Arellano, María, et al. (2021). Efecto gelificante del agar de *Gracilaria debilis* en la elaboración de una compota de níspero (*Manilkara zapota*), *Revista Chilena de Nutrición*, 48(2), 195-202, <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182021000200195>
- Rzedowski, J. (1993). *La vegetación de México*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, <https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxC19.pdf>
- Salgado-Hernández, Enrique (2023). *Evaluación del sargazo (Sargassum spp.) del Caribe mexicano como sustrato para la producción de metano y comunidad microbiana asociada a la digestión anaerobia*, tesis, Universidad Veracruzana/Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (Inbioteca).



Schling, Maja, Guerrero-Compeán, Roberto, Pazos, Nicolás, *et al.* (2022). *El impacto económico del sargazo: evidencia de la costa mexicana*, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), <http://dx.doi.org/10.18235/0004470>

Secretaría de Marina. (2023). *Boletín semanal No. 218/23 sobre el seguimiento y pronósticos de sargassum en el Mar Caribe*, Instituto Oceanográfico del Golfo y Mar Caribe.

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2023). *Great Atlantic Sargassum Belt (GASB)*, <https://www.epa.gov/cyanohabs/great-atlantic-sargassum-belt-gasb>

Wan, Alex H.L., Davies, Simon J., Soler-Vila, Anna, *et al.* (2019). Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient, *Reviews in Aquaculture*, 11, 458-492, <https://doi.org/10.1111/raq.12241>

Recibido: 08/02/2024
Aceptado: 03/05/2024

Descarga aquí nuestra versión digital.





Ejes

EJES

¡Aguas negras!

La fuente de nutrientes perfecta
para cultivar pasto forrajero

Erik Yoel Carreto-Morales*

ORCID: 0009-0003-7226-2800

Jazmin Alaide López-Díaz*

ORCID: 0000-0002-1557-8636

Giovanni Hernández-Flores**

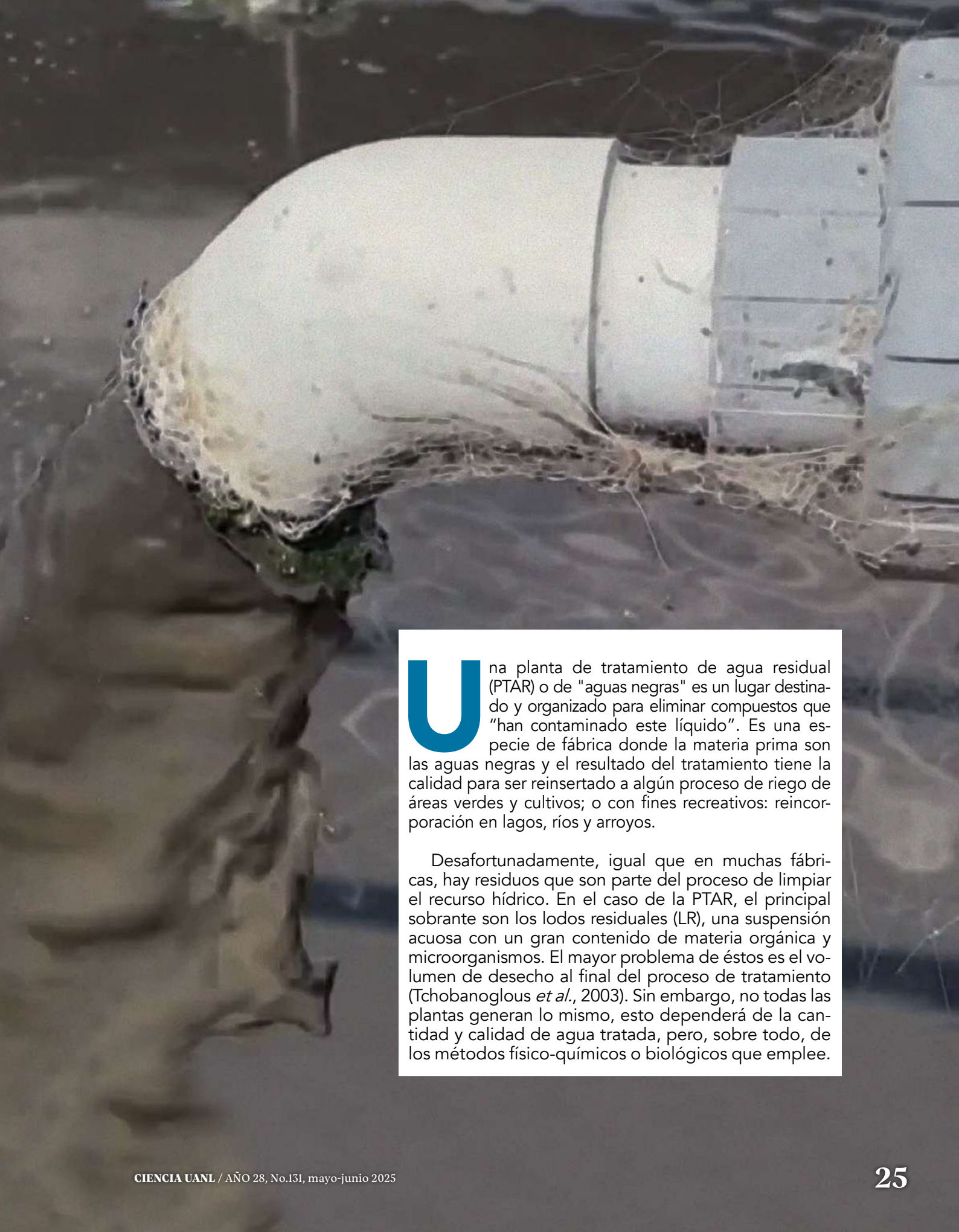
ORCID: 0000-0001-8464-832X

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.131-3>

* Universidad Autónoma de Guerrero, Acapulco, México.

** Secihti/Universidad Autónoma de Guerrero, Acapulco, México.

Contacto: ghernandez@secihti.mx, 14558@uagro.mx, erikyoelcarretomorales@gmail.com



Una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) o de "aguas negras" es un lugar destinado y organizado para eliminar compuestos que "han contaminado este líquido". Es una especie de fábrica donde la materia prima son las aguas negras y el resultado del tratamiento tiene la calidad para ser reinsertado a algún proceso de riego de áreas verdes y cultivos; o con fines recreativos: reincorporación en lagos, ríos y arroyos.

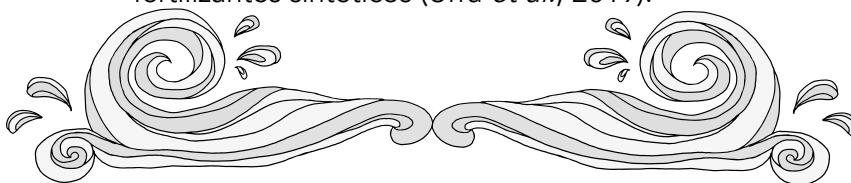
Desafortunadamente, igual que en muchas fábricas, hay residuos que son parte del proceso de limpiar el recurso hídrico. En el caso de la PTAR, el principal sobrante son los lodos residuales (LR), una suspensión acuosa con un gran contenido de materia orgánica y microorganismos. El mayor problema de éstos es el volumen de desecho al final del proceso de tratamiento (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Sin embargo, no todas las plantas generan lo mismo, esto dependerá de la cantidad y calidad de agua tratada, pero, sobre todo, de los métodos físico-químicos o biológicos que emplee.

Para dimensionar la acumulación de LR nos gustaría mencionar que Tchobanoglous *et al.* (2003) reportan que una PTAR produce en promedio 1 kg de LR por cada 3.78 m³ de agua negra tratada. Es decir, por 1,100 litros –más o menos el volumen de un tinaco comúnmente utilizado en una vivienda– se generan aproximadamente 275 gramos de LR, un poco más que un cuarto de kilogramo. Parece una cantidad pequeña, sin embargo, ¡hagamos números! Por ejemplo, el municipio de Taxco de Alarcón (Guerrero) cuenta con una PTAR que trata cerca de 60 litros por segundo. Esto significa que desechan casi 1.30 ton de LR por día.

Ahora, si realizamos el cálculo en una de las PTAR más grandes de México –la de Atotonilco–, que trata cerca de 28,727 litros por segundo, tenemos 620.5 ton de LR cada día. Si esto fuera poco, si realizamos el cálculo con el fin de determinar el total diario en todo México, considerando un volumen tratado de 145,341 litros por segundo, resultan aproximadamente 3,140 toneladas por día. En un año la cantidad es ¡enorme! El manejo, estabilización y disposición de los LR a nivel nacional se ha convertido en un dolor de cabeza para las plantas de tratamiento de aguas negras (Conagua, 2021).

PROPIEDADES DE LOS LODOS RESIDUALES

Convertir este problema en una solución no es tan difícil, sobre todo si se tienen características parecidas a las de los LR. Para empezar, presentan un pH entre 5 y 8. El ideal en suelo de cultivo de pasto es de 5-8 (Ramírez-Reynoso *et al.*, 2010). Otra particularidad es la conductividad eléctrica, de hasta 1.15 dS/cm (Medina-Herrera *et al.*, 2020). La ideal de un suelo es de 0 a 6 dS/cm (Sánchez-Bernal *et al.*, 2020). Además de un elevado contenido de materia orgánica, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), estos últimos son los principales nutrientes de las plantas e ingredientes de los fertilizantes sintéticos (Urra *et al.*, 2019).

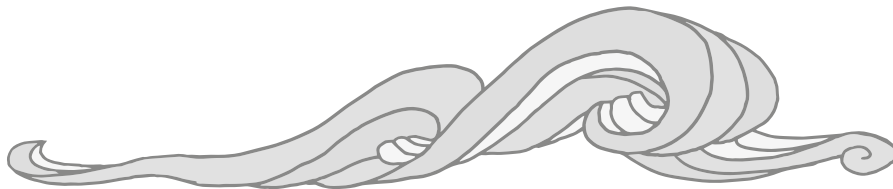


LODOS RESIDUALES PARA CULTIVO DE PASTO FORRAJERO

El pasto forrajero constituye la principal fuente de alimentación del ganado y es el recurso de menor costo para los ganaderos. Los pastos tienen una gran capacidad de producción de materia seca y son ideales pues suministran proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra al ganado. El Mombaza (*Panicum maximum*) es un importante cultivo tropical generador de forraje debido a su gran capacidad de adaptación a elevadas temperaturas y a climas tropicales. En Taxco de Alarcón, Guerrero, Carreto-Morales *et al.* (2021) decidieron sembrarlo en LR y en un suelo composta comercial bajo las mismas condiciones.

El experimento se desarrolló por tres meses y al final de cada uno se realizó una cosecha. Los autores estudiaron la rapidez de crecimiento y rendimiento en términos de forraje seco cosechado. Los resultados fueron inesperados. La rapidez de crecimiento máxima alcanzada en el segundo mes de cultivo fue de hasta 3.63 cm por día utilizando únicamente LR, mientras que con un suelo ideal –abono comercial– se alcanzó un máximo de 1.40 cm. Por otro lado, utilizar LR se vio reflejado en un rendimiento de hasta 416 g/m² recolectado, mientras que con un suelo composta la cantidad máxima cosechada fue de sólo 72 g/m².

Los resultados de rendimiento mostraron una diferencia estadísticamente significativa y superior a los valores registrados utilizando un suelo composta comercial. Los autores demostraron que recurrir a LR directamente como sustrato (sin mezclarlo con suelo o abono), posibilita un pasto forrajero sin que el cultivo represente un gasto por utilizar una composta o fertilizantes sintéticos.



UNA OPCIÓN PARA REEMPLAZAR EL USO DE FERTILIZANTES SINTÉTICOS

Los resultados obtenidos por Carreto-Morales *et al.* (2021) evidenciaron el potencial de utilizar los LR al sembrar pasto forrajero de manera directa. Esto señala que la dispersión de los LR a suelos agrícolas de la región podría ser una opción interesante para incrementar la fertilidad y desempeño de los cultivos agrícolas al mismo tiempo que se reducen los costos de producción asociados al consumo de fertilizantes.

¡PRECAUCIÓN!

Sin embargo, es necesario aclarar que la decisión de usar o dispersar LR no se debe tomar a la ligera. Para hacerlo, de entrada, los LR tienen que cumplir con lo que se describe en la NOM-004-Semarnat-2002 (Semarnat, 2003). Dicha norma establece límites permisibles de coliformes totales y fecales, así como la concentración máxima de metales pesados que pueden contener, pero no considera la presencia de microplásticos y otros contaminantes emergentes: antibióticos, drogas, etcétera (figura 1). Esto significa que antes de resolver dispersarlos al ambiente, es necesario hacer una caracterización general con el fin de conocer si por lo menos cumple lo que menciona la Semarnat.

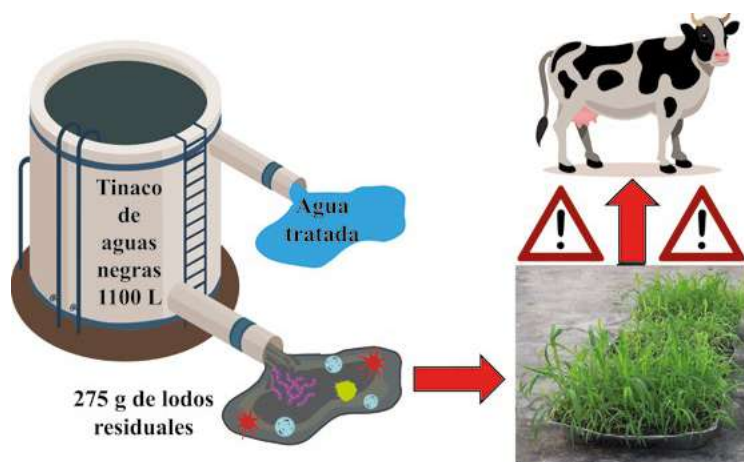


Figura 1. Las aguas negras son un recurso para recuperar agua y además obtener una fuente de nutrientes a través de los lodos generados al cultivar pasto forrajero que podría ser empleado en la alimentación de rumiantes.

PERSPECTIVAS

No queda lugar a duda de que los LR de la PTAR de Taxco de Alarcón presentan los elementos necesarios para cultivar pasto forrajero. Por la composición que tienen los de otras partes del país, se asume que también podrían servir de base. Por ejemplo, en el norte de México –una región ganadera– los LR serían una opción interesante.

Claramente, esta acción permite valorizar los LR de las PTAR. Sin embargo, antes de tomar la decisión de dispersarlos en suelos agrícolas o utilizarlos directamente para cultivo, se debe descartar la presencia de microorganismos, bacterias o parásitos que podrían convertirse en fuentes de infección, o contaminantes, metales pesados, que generen alteraciones a las plantas, animales y, por supuesto, a los habitantes de la zona.

Los contaminantes y su concentración dependerán del tamaño de la población y las actividades industriales que descarguen agua a la red de alcantarillado. En última instancia, y en caso de que los LR no reúnan las características para que el producto sea utilizado en la alimentación de ganado, el cultivo de pasto en LR puede ser propuesto como una estrategia en la fijación del carbono que se ha liberado a la atmósfera, resultado de los vastos procesos de combustión que se presentan diariamente. Esta acción ayudará a mitigar acciones antrópicas que contribuyen con el calentamiento global.



REFERENCIAS

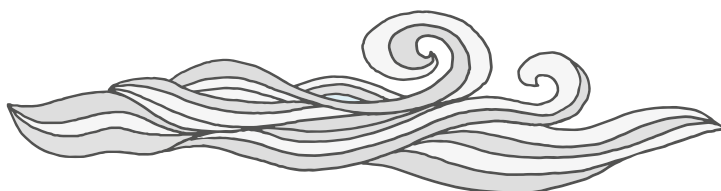
Carreto-Morales, Erik Y., López-Díaz, Jazmín A., Martínez-Castrejón, Mariana, *et al.* (2021). Sewage sludge from Taxco de Alarcón wastewater treatment plant as substrate to cultivate *Panicum maximum*, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 38(3), 164-177, <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2021.3.1617>

Comisión Nacional del Agua. (2021). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación*, Comisión Nacional del Agua, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/759492/Inventario_2021.pdf

Medina-Herrera, Miriam, Negrete-Rodríguez, María X., Gámez-Vázquez, Francisco P., *et al.* (2020). La aplicación de lodos residuales afecta, a corto plazo, la biomasa microbiana y su actividad en suelos sódicos, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36 (3) 577-591, <https://doi.org/10.20937/RICA.53425>

Ramírez-Reynoso, Omar, Hernández-Garay, Alfonso, Carneiro-da Silva, Sila, *et al.* (2010). Características morfogénicas y su influencia en el rendimiento del pasto Mombaza cosechado a diferentes intervalos de corte, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(2), 303-311.

Sánchez-Bernal, Edgar I., Santos-Jerónimo, Silvia, Ortega-Escobar, Héctor M., *et al.* (2020). Crecimiento de los pastos Cayman y Cobra en diferentes niveles salinos de NaCl, en invernadero, *Terra Latinoamericana*, 38(2), 391401, <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.613>



Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003). *Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final*, Ciudad de México, Diario Oficial de la Federación, <http://www.cespm.gob.mx/pdf/NOM004-SEMARNAT-2002.pdf>

Tchobanoglous, George, Burton, Franklin L., Stensel, H. David. (2003). *Wastewater engineering treatment and reuse*, New York, McGraw-Hill, 1819 pp.

Urra, Julen, Alkorta, Itziar, y Garbisu, Carlos. (2019). Potential benefits and risks for soil Health derived from the use of organic amendments in agricultura, *Agronomy*, 9(9), 542, <https://doi.org/10.3390/agronomy9090542>

Recibido: 14/02/2024

Aceptado: 13/11/2024

Descarga aquí nuestra versión digital.





SECCIÓN ACADÉMICA

**Microplásticos en ambientes
acuáticos: ¿cuáles son las
tecnologías para su eliminación?**

**Cultivo de tomate (*Solanum
lycopersicum* L.) en riego
deficitario y suelo enriquecido
con estiércol caprino**

**Estudio de caso de una
reforestación con especies
nativas del noreste de México**



Microplásticos en ambientes acuáticos: ¿cuáles son las tecnologías para su eliminación?

Denise Margarita Rivera-Rivera*
ORCID: 0000-0003-0877-2390

Melissa Marlene Rodríguez-Delgado*
ORCID: 0000-0003-3240-3560

Juan Francisco Villarreal-Chiu*
ORCID: 0000-0002-0419-9294

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.131-4>

RESUMEN

La contaminación plástica atrae gran preocupación debido a sus efectos adversos al medio ambiente y la salud de la sociedad en general. Por ello, se han explorado diferentes tecnologías con enfoques físicos, químicos y biológicos para eliminar estos contaminantes en el agua, entre las que destacan la filtración por membrana de adsorción, la coagulación, la oxidación y la degradación microbiana. Por lo tanto, las tecnologías de eliminación de microplásticos abordadas en este trabajo presentan ventajas y desventajas. Actualmente se considera que la combinación de múltiples tecnologías mejoraría su implementación a gran escala, como en las plantas de tratamiento de agua residual.

Palabras clave: microplásticos, nanoplásticos, contaminación, tecnologías de eliminación, ambientes acuáticos.

ABSTRACT

Plastic pollution attracts massive concern due to its adverse environmental and societal health effects. Therefore, different technologies have been explored with physical, chemical, and biological approaches to eliminate these contaminants in water, among which membrane filtration, adsorption, coagulation, oxidation, and microbial degradation stand out. Therefore, the microplastic removal technologies addressed in this work have advantages and disadvantages. It is considered that combining multiple technologies would improve their large-scale implementation, such as in wastewater treatment plants.

Keywords: microplastics, nanoplastics, pollution, removal technologies, aquatic environments.

Desafortunadamente, la producción mundial de plástico ha aumentado exponencialmente durante las últimas décadas, derivando en una acumulación significativa de basura en los ecosistemas (Plastics Europe, 2019). Este incremento no sólo se debe a su alta demanda, también a un sistema de gestión de residuos deficiente, por lo que una cantidad significativa no se recupera y termina como desecho en diversos entornos naturales (Zhang *et al.*, 2020). La basura en los sistemas acuáticos plantea varios peligros para las especies que viven en ellos, siendo víctimas de obstrucciones físicas

como enredos o asfixia. Sin embargo, un problema que ha tomado relevancia durante los últimos años es la posible ingesta de micro y nanoplásticos, causando su introducción en las cadenas alimenticias y por ende provocando graves daños a su funcionamiento biológico (Padervand *et al.*, 2020). El término microplástico hace referencia a los fragmentos de este material que presentan un tamaño por debajo de los 5 mm (más pequeño que una mosca) (Cheng *et al.*, 2021), los cuales pueden generarse a partir de fuentes primarias o secundarias (figura 1).

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: deni.mrr@gmail.com, melissa.rodriguezdl@uanl.edu.mx, juan.villarrealch@uanl.edu.mx

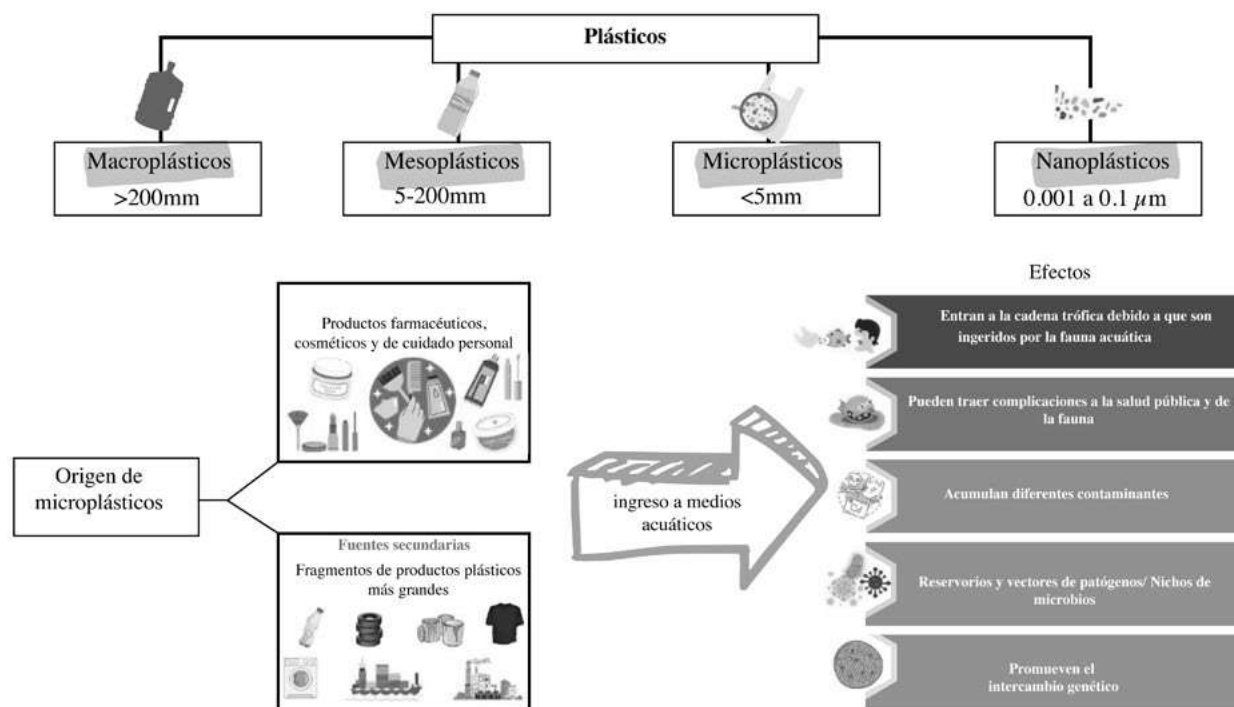


Figura 1. Contaminación plástica en ecosistemas acuáticos.

Las fuentes primarias corresponden a procesos de manufactura en los cuales se diseñan estas partículas plásticas con dimensiones así de pequeñas con fines comerciales, para su uso en productos farmacéuticos, cosméticos y de cuidado personal. Mientras que las fuentes secundarias se refieren a los métodos de fragmentación (mecánicos o por factores ambientales) que provocan el rompimiento de productos grandes (Lehtiniemi *et al.*, 2018). No obstante, con el tiempo, los microplásticos pueden seguir fragmentándose en partículas aún más pequeñas, dando origen a los nanoplásticos (0.001 a 0.1 μm , tamaño de bacterias) (Hartmann *et al.*, 2019). Dichos fragmentos son capaces de absorber, transportar y liberar compuestos peligrosos como metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes, que tienen consecuencias dañinas cuando son liberados en el medio acuático (Cui *et al.*, 2022).

En 2016 se reportó que entre 19 y 23 millones de toneladas métricas de plástico ingresaron a los sistemas acuáticos en todo el mundo (figura 2), siendo los océanos los más afectados (Parvin *et al.*, 2021). Lo anterior equivale a llenar el Estadio Azteca 105 y 127 veces, respectivamente. En este sentido, se estima que en 2030 la cantidad que ingrese a estos ecosistemas sea el equivalente a llenar 290 veces el Estadio Azteca (Borrelle *et al.*,

2020). El problema ha alcanzado niveles alarmantes, ya que incluso se ha reportado la presencia de microplásticos en agua embotellada (Schymanski, *et al.*, 2018). Es por ello que la eliminación de estas partículas es un tema que concierne a todo el mundo, provocando que se exploren distintos esquemas para su remoción (Dey *et al.*, 2021). Hasta el momento, se han implementado diferentes tecnologías con enfoques físicos, químicos y biológicos que buscan eliminar estos contaminantes en el agua, entre las que destacan la filtración por membrana de adsorción, la coagulación, la oxidación y la degradación microbiana (Shi *et al.*, 2022).

PRINCIPALES METODOLOGÍAS DE REMOCIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN EL AGUA

Una de las metodologías más empleadas por su simpleza es la filtración, la cual consiste en la separación de los microplásticos en el agua al hacerla pasar a través de un medio mecánico poroso. De acuerdo con el material empleado, la filtración puede ser granular (con arenas de cuarzo, perlas de vidrio, carbón activado, etcétera) o por membranas finas

(comúnmente de policarbonato, acetato de celulosa y politetrafluoroetileno) (Mbachu *et al.*, 2020). En esta metodología la eficiencia de separación está estrechamente relacionada con las condiciones de flujo y las propiedades del filtro, siendo el carbón activado el material que ha reportado una eficacia mayor del 95% de remoción de microplásticos de diámetro de hasta 10 μm (Adegoke *et al.*, 2023).

Por otro lado, en la metodología basada en el mecanismo de adsorción, las partículas se adhieren a la superficie de un material (adsorbente). Los adsorbentes más utilizados son los granulares, en polvo o nanopartículas magnéticas, aunque recientemente se han utilizado materiales de base biológica (como aerogel o biocarbón, derivados de rastrojo de maíz y madera) (Zhuang *et al.*, 2022). Mientras que la coagulación química

consiste en desestabilizar los microplásticos suspendidos mediante la adición de coagulantes, los cuales forman conglomerados que sedimentan y posteriormente se pueden recoger y eliminar del agua (Cheng *et al.*, 2021). Este método tiene una gran eficiencia siempre y cuando se seleccione el pH, coagulante y dosis adecuados (Rajala *et al.*, 2020). Los coagulantes más utilizados son el hidróxido y sulfato de aluminio (Azizi *et al.*, 2023).

La oxidación química se basa en la descomposición en moléculas más pequeñas hasta llegar a la formación de agua y CO_2 . Los procesos más utilizados son: Fenton, fotocatálisis, $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$ y los basados en ozono. La eficiencia de éstos puede diferir en relación con la temperatura, pH, irradiación UV, tiempo de reacción y la forma de los microplásticos (Dos Santos *et al.*, 2021).

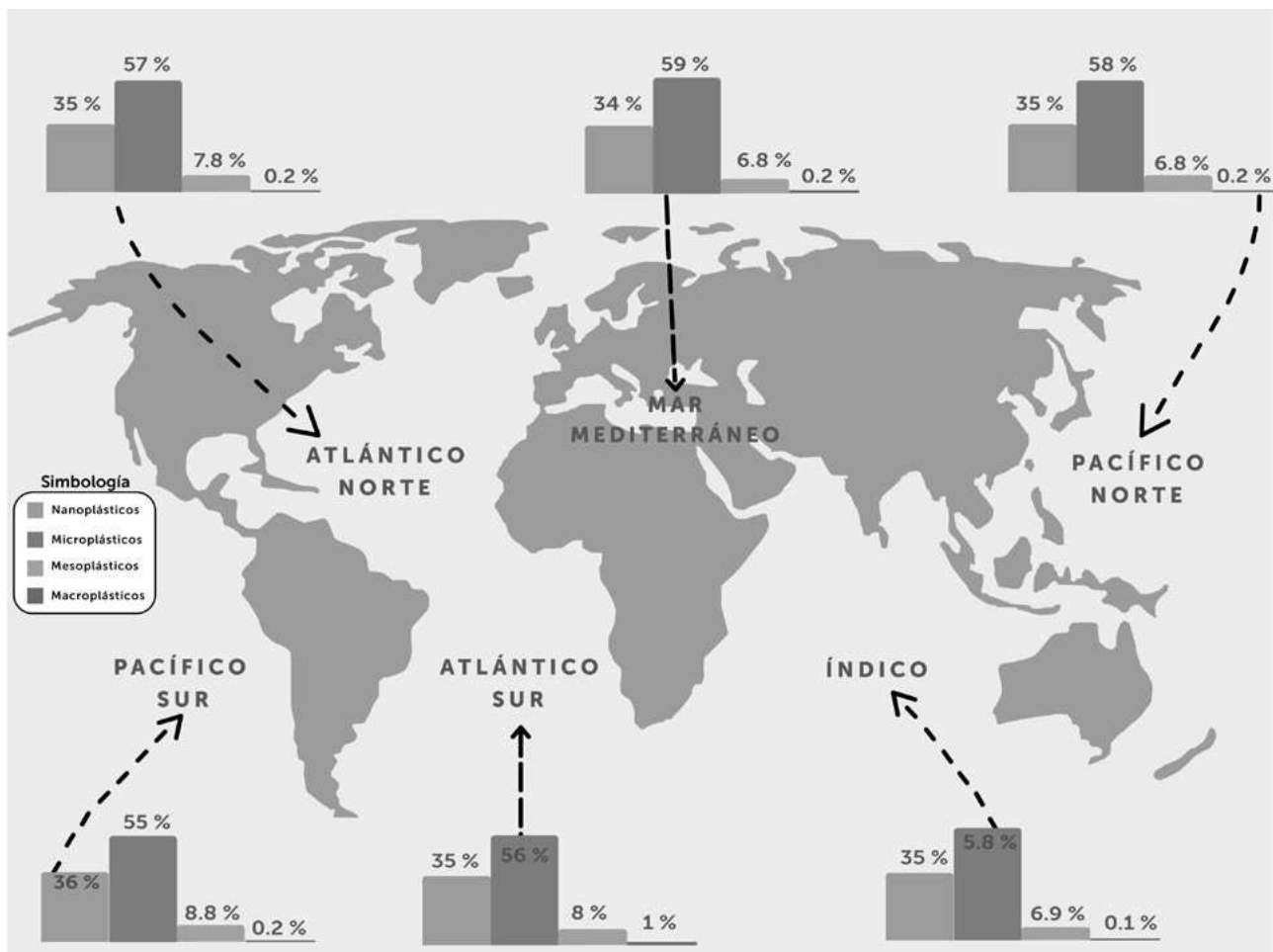


Figura 2. Proporción de basura plástica en los océanos (adaptado de Arkin y Schächtele, 2020).

Tabla I. Ventajas y desventajas de los métodos de remoción de microplásticos.

Método	Ventajas	Desventajas	Ambiente donde se aplica
Filtración	Bajo costo Bajo consumo de energía	Bajo flujo de la membrana Obstrucción de la membrana Necesidad de presión transmembrana	Ambiente acuático natural Planta de tratamiento de agua potable Planta de tratamiento de aguas residuales
Adsorción	Método sencillo	Los adsorbentes pueden causar contaminación secundaria	Ambiente acuático natural Ambiente marino
Coagulación	Operación simple Bajo costo	Generación de residuos químicos	Planta de tratamiento de agua potable Planta de tratamiento de aguas residuales
Oxidación	Remoción de microplásticos de menor tamaño	Generación de residuos Alto consumo de energía Costo elevado Requiere mucho tiempo	Planta de tratamiento de aguas residuales
Degradación microbiana	Tecnología económica Respetuosa con el medio ambiente	Baja eficiencia de degradación Etapa preliminar	Ambiente marino Planta de tratamiento de aguas residuales

Finalmente, la metodología por degradación microbiana consiste en el uso de microorganismos (bacterias, hongos o microalgas) que degradan el plástico al colonizar la superficie de los microplásticos y secretar enzimas que desempeñan un papel crucial en su descomposición (Yuan *et al.*, 2020). De los más de 400 microbios capaces de degradar el plástico, cerca del 50% corresponde a los hongos (Ekanayaka *et al.*, 2022). En general, los procesos de remoción de microplásticos en medios acuáticos dependen de diversos factores, como el tamaño, composición y forma de éstos. Además, el transporte de los fragmentos se ve influenciado por su tamaño, mientras más pequeños más se extenderán por los ecosistemas y será más difícil su eliminación.

Otro punto importante que considerar es que algunas de las técnicas de remoción, como la adsorción por separación magnética o la coagulación, introducen sustancias al medio que podrían generar contaminación secundaria en los ambientes acuáticos, siendo esto una desventaja

ya que se debe buscar una eliminación completa de estos materiales después del tratamiento (tabla I). Por lo tanto, las tecnologías de eliminación de microplásticos abordadas en este trabajo presentan ventajas y desventajas, por lo cual, actualmente se considera que la combinación de múltiples tecnologías mejoraría su implementación a gran escala, como en las plantas de tratamiento de agua residual.

CONCLUSIONES

La evidente tendencia en la acumulación de microplásticos en los ecosistemas acuáticos ha alcanzado proporciones alarmantes, con estimaciones que sugieren un aumento significativo en los próximos años. Ante este desafío, la remoción efectiva de estos contaminantes se vuelve crucial para preservar la biodiversidad y proteger la salud humana. Considerando la información presenta-

da, se destaca que la filtración es todavía una de las opciones más eficaces en la remoción (95%) de partículas de hasta 10 μm .

Sin embargo, es importante reconocer que conforme el tamaño de partícula disminuye, la remoción se vuelve compleja y es allí donde se requiere un enfoque integral que combine múltiples métodos en aras de abordar completamente este problema. En este sentido los procesos de oxidación permiten la eliminación de microplásticos de menor tamaño, pero generan residuos que aún no permiten que sea un método escalable. Finalmente, es importante resaltar que la sinergia entre la investigación y la innovación son esenciales si se desea encontrar soluciones efectivas y duraderas que nos permitan combatir la crisis de contaminación en nuestros océanos y cuerpos de agua.

REFERENCIAS

- Adegoke, Kayode Adesina, Adu, Folasade Abimbola, Oyebamiji, Abel Kolawole, *et al.* (2023). Microplastics toxicity, detection, and removal from water/wastewater, *Marine pollution bulletin*, 187, 114546.
- Arkin, Claire, y Schächtele, Kai. (2020). *Atlas del plástico: datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos 2020*, México: Heinrich Böll Foundation.
- Azizi, Seyed M.M., Haffiez, Nervana, Zakaria, Basem, *et al.* (2023). Nano-and microplastics as carriers for antibiotics and antibiotic resistance genes, In *Current developments in biotechnology and bioengineering* (pp. 361-385), Elsevier.
- Borrelle, Stephanie, Ringma, Jeremy, Laverder-Law, Kara, *et al.* (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution, *Science*, 369(6510), 1515-1518.
- Cheng, Yan L., Kim, Jong-Gook, Kim, Hye-Bin, *et al.* (2021). Occurrence and removal of microplastics in wastewater treatment plants and drinking water purification facilities: A review, *Chemical Engineering Journal*, 410, 128381.
- Cui, Ruofan, Jong, Mui-Choo, You, Luhua, *et al.* (2022). Size-dependent adsorption of waterborne Benzophenone-3 on microplastics and its desorption under simulated gastrointestinal conditions, *Chemosphere*, 286, 131735.
- Dey, Thuhin, Uddin, Md Elias, y Jamal, Mamun. (2021). Detection and removal of microplastics in wastewater: evolution and impact, *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 16925-16947.
- Dos Santos, Naiara de O., Teixeira, Luiz A., Zhou, Qizhi, *et al.* (2022). Fenton pre-oxidation of natural organic matter in drinking water treatment through the application of iron nails, *Environmental Technology*, 43(17), 2590-2603.
- Ekanayaka, Anusha, Tibpromma, Saowaluck, Dai, Donqin, *et al.* (2022). A review of the fungi that degrade plastic, *Journal of Fungi*, 8(8), 772.
- Hartmann, Nanna, Huffer, Thorsten, Thompson, Richard, *et al.* (2019). Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris, *Environmental Science & Technology*, 53(3), 1039-1047.
- Lehtiniemi, Maiju, Hartikainen, Samuel, Näkki, Pinja, *et al.* (2018). Size matters more than shape: ingestion of primary and secondary microplastics by small predators, *Food Webs*, 17, e00097.
- Mbachu, Oluchi, Jenkins, Graham, Pratt, Chris, *et al.* (2020). A new contaminant superhighway? A review of sources, measurement techniques and fate of atmospheric microplastics, *Water, Air & Soil Pollution*, 231, 1-27.
- Padervand, Mohsen, Lichtfouse, Eric, Robert, Didier, *et al.* (2020). Removal of microplastics from the environment. A review, *Environmental Chemistry Letters*, 18(3), 807-828.

Parvin, Fahmida, Jannat, Shumya, y Tareq, Shafi. (2021). Abundance, characteristics and variation of microplastics in different freshwater fish species from Bangladesh, *Science of the Total Environment*, 784, 147137.

Plastics Europe and European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations. (2019). *Plastics-the facts 2019. An analysis of European plastics production, demand and waste data*, <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/1804-plastics-facts-2019>

Rajala, Katriina, Grönfors, Outi, Hesampour, Mehrdad, *et al.* (2020). Removal of microplastics from secondary wastewater treatment plant effluent by coagulation/flocculation with iron, aluminum and polyamine-based chemicals, *Water Research*, 183, 116045.

Schymanski, Darena, Goldbeck, Christopher, Humpf, Hans-Ulrich, *et al.* (2018). Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water, *Water research*, 129, 154-162.

Yuan, Jianhua, Ma, Jie, Sun, Yiran, Zhou, Tao, *et al.* (2020). Microbial degradation and other environmental aspects of microplastics/plastics, *Science of the Total Environment*, 715, 136968.

Zhang, Qun, Zhao, Yaping, Du, Fangni, *et al.* (2020). *Microplastic fallout in different indoor environments*, *Environmental Science & Technology*, 54(11), 6530-6539.

Zhuang, Jie, Rong, Nannan, Wang, Xuerong, *et al.* (2022). Adsorption of small size microplastics based on cellulose nanofiber aerogel modified by quaternary ammonium salt in water, *Separation and Purification Technology*, 293, 121133.

Recibido: 13/02/2024

Aceptado: 25/04/2024

Descarga aquí nuestra versión digital.





Cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en riego deficitario y suelo enriquecido con estiércol caprino

Luis Eduardo Tamayo-Ruiz*
ORCID: 0000-0002-5377-8233

Patricio Rivera-Ortiz**
ORCID: 0000-0002-1095-5826

Efraín Neri-Ramírez**
ORCID: 0000-0003-1547-9942

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.131-5>

RESUMEN

La escasez hídrica afecta la agricultura, específicamente al cultivo del tomate, cuyas necesidades de agua impactan en su rendimiento. En este estudio, realizado en un invernadero con un sustrato de suelo-estiércol caprino, se estimó el riego basado en evapotranspiración. El objetivo fue evaluar el rendimiento de tomate en sustrato enriquecido bajo diferentes dosis de riego. Los resultados indican que diferentes volúmenes de riego no afectan el rendimiento, pero sí influyen en la productividad de agua y en la concentración de sólidos solubles totales. Reducir los volúmenes de riego en combinación con sustratos enriquecidos con estiércol es factible a nivel huerto familiar.

Palabras clave: calidad de tomate, sustrato agrícola, uso eficiente del agua.

ABSTRACT

Water scarcity affects agriculture, specifically tomato cultivation, whose water needs impact its yield. This study, conducted in greenhouses using a substrate of soil-goat manure, estimated irrigation based on evapotranspiration. The objective was to evaluate tomato yield in enriched substrate under different irrigation doses. The results indicate that different irrigation volumes do not affect yield, but they do influence water productivity and total soluble solids concentration. Reducing irrigation volumes in combination with substrates enriched with manure is feasible at the household garden level.

Key words: soil substrate, tomato quality, water use efficiency.

Los huertos tienen distintos propósitos, desde ecológicos, culinarios, educativos, hasta estéticos-recreacionales y económicos (Istrate *et al.*, 2021), pero su principal impacto es sobre la seguridad alimentaria (Castañeda-Navarrete, 2021), concepto que hace referencia a que todas las personas, en todo momento, tengan acceso físico y económico a alimentos seguros y nutritivos en función de su dieta y preferencias para una vida

activa y sana (FAO, 2008), por ello es necesario cuidar aspectos relacionados con la adición de compostas, estiércol, rotación de cultivos, manejo de residuos y herramientas clave para mejorar la fertilidad del suelo y la calidad de los alimentos (Istrate *et al.*, 2021).

En ese sentido, el cultivo del tomate en sustratos representa una fuerte inversión económica,

* Universidad del Valle de México, Ciudad Victoria, México.
Contacto: luis_tamayor@my.uvm.edu.mx

** Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, México.
Contacto: lida@docentes.uat.edu.mx, eneri@docentes.uat.edu.mx

por lo que es posible mitigar los costos asociados mediante la utilización de estiércoles mezclados con suelo local (López *et al.*, 2001; Kihanda *et al.*, 2004). El uso de éstos beneficia al terreno en cuanto al intercambio catiónico, pH acorde con los valores requeridos, menores tiempos de maduración (Amorim *et al.*, 2018), aunque el estiércol caprino es el que constituye una opción superior al bovino y la gallinaza, por su mayor contenido de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, calcio y potasio intercambiable y magnesio (Amorim *et al.*, 2018; Sutopo y Aji, 2020).

En el contexto del cultivo del tomate, las necesidades hídricas diarias en cada etapa oscilan entre 1,800 a 2700 ml de agua por planta (Snyder, 2016). Estos rangos pueden variar en función de la temporada, las condiciones meteorológicas, el cultivar, el sistema de producción, el tipo de suelo, su fertilización, la cantidad y calidad del agua y el método de riego (Flores *et al.*, 2007; Kuşçu *et al.*, 2014). No obstante, es importante conocer que la escasez hídrica se extiende rápidamente en distintas partes del mundo debido a la falta de lluvia y los altos niveles de consumo de agua para la producción de alimentos, a la par del crecimiento poblacional (Postel, 1998).

En ese sentido, es crítico considerar la eficiencia del uso del agua (EUA) en la agricultura en todos los sistemas productivos (Cuanalo y Guerra, 2008), donde el riego deficitario podría ser una opción viable con miras a aumentar la EUA (Tamayo-Ruiz *et al.*, 2021), si se considera que el estatus de este elemento en México es un recurso sobreexplotado y crítico en zonas áridas (Martínez y Patiño, 2012). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento y calidad de fruto del cultivo de tomate en una mezcla de suelo y estiércol caprino en situación de riego deficitario.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la UAT en Ciudad Victoria, Tamaulipas, entre octubre de 2017 y febrero de 2018. Con un registro de temperatura media de 23.6°C. El material vegetal empleado fue tomate tipo saladette, variedad Río Grande, de crecimiento de-

terminado. Se utilizó una mezcla de suelo arcilloso y estiércol caprino seco como base, en una relación 85:15% v:v, respectivamente.

El sustrato presentó un pH de 8.4, sin problemas de salinidad (0.45 mS/cm), con contenido de 3.52% de materia orgánica y 0.21% de nitrógeno total. El estiércol tuvo una fase de solarización de 50 días, posteriormente se mezcló y se estabilizó la conductividad eléctrica a través de lavados de suelo. Los tratamientos estudiados se definieron con base en la evapotranspiración potencial (ETP) del cultivo, la cual fue estimada con la ecuación Jensen-Haise (Jensen y Haise, 1963), ajustada con la temperatura media máxima y mínima anual de los meses de evaluación, datos obtenidos de la estación meteorológica No. 22116 del periodo 1951-2010.

Para la determinación de los volúmenes se empleó el valor de la ETP, el coeficiente del cultivo (0.45, 0.80, 1.15), la eficiencia de riego (100), distancia entre hileras (80 cm) y plantas (50 cm). Se calculó el volumen al 100% y los tratamientos 2 y 3 constituyeron el 80 y 60% de la cantidad de agua requerida (figura 1) y se utilizó la solución nutritiva de Hoagland de mantenimiento a una concentración del 50%, preparada con nitratos de amonio, de potasio, de calcio, sulfato de magnesio y ácido fosfórico (Hoagland y Arnon, 1950).

Para evaluar el rendimiento del cultivo se cosecharon los tres primeros racimos y se pesaron en una balanza de precisión. La productividad de agua (PA) se calculó dividiendo la producción de frutos en toneladas entre el consumo total en m³ de las unidades experimentales de cada tratamiento, determinando así la productividad (kg/m³). Para el crecimiento de la planta se registró la altura y el grosor del tallo. El calibre del tomate se determinó midiendo el diámetro ecuatorial y polar con un vernier digital.

El contenido de sólidos solubles totales se evaluó por triplicado en el primer fruto maduro de cada racimo utilizando un refractómetro digital. El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con tres niveles de riego (100, 80 y 60%) y seis repeticiones, en total 18 unidades experimentales. Se realizaron los análisis de varianza y se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias ($p=0.05$). Se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.0.

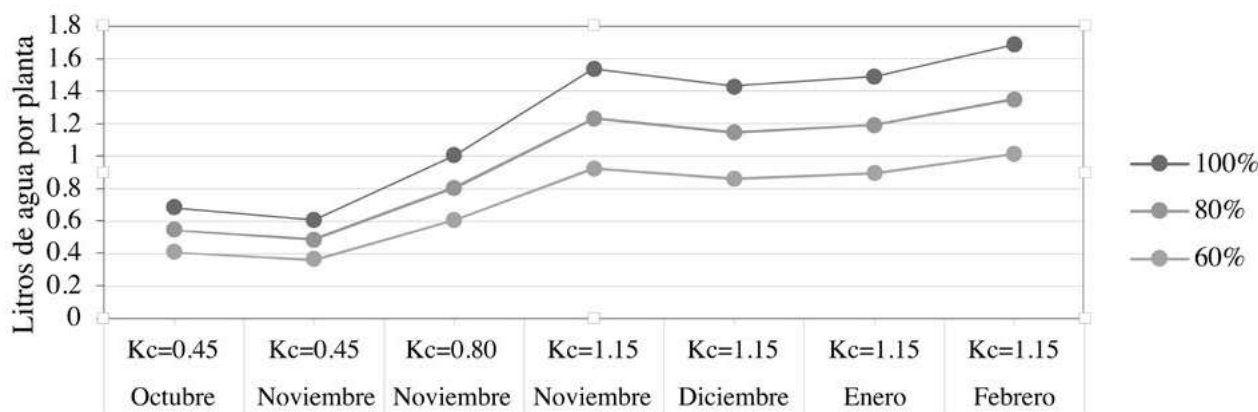


Figura 1. Volúmenes de agua en cada uno de los niveles y los meses de evaluación (Kc: coeficiente de cultivo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de la planta y el diámetro de tallo no se vieron afectados por los tratamientos de riego (tabla I). El análisis estadístico no reflejó diferencia significativa de modo que todas las plantas crecieron a alturas similares con un promedio de 1144 cm.

En cuanto al rendimiento, no se presentó diferencia significativa en la producción ni en el peso promedio del tomate al comparar los diferentes volúmenes de riego (tabla I), la producción promedio fue de 1.23 kg planta⁻¹ en cada tratamiento. En contraste, la variable productividad de agua (tabla I) sugiere que se pueden reducir los volúmenes hasta un 40% sin afectar significativamente el rendimiento. Este hallazgo coincide con lo reportado por Patanè *et al.* (2011) y Kuşçu *et al.* (2014), quienes emplearon marcos de riego deficitario con productividad de agua similares.

El diámetro ecuatorial no varió significativamente (tabla I), pero en términos de calibre, los frutos bajo riego deficitario al 100 y 80% superaron en promedio los 4.7 cm, clasificándolos como calibre 6, mientras que al 60% los diámetros en promedio fueron superiores a 4.0 cm, categorizándolos como calibre 5 de acuerdo con el Codex Alimentarius (FAO, 2007).

Respecto al contenido de sólidos solubles totales (SST), el riego deficitario al 60% se destacó por frutos con la mayor concentración (tabla I), en contraste con el de 100 y 80%, que mantuvieron una calidad aceptable, sin superar los 4.5 °Brix, valor esperado en producto maduro (Siller y Báez, 2009). La concentra-

ción de sólidos solubles aumentó conforme disminuyó el volumen hídrico (Patanè *et al.*, 2011), si bien los rendimientos asociados al uso del riego deficitario presentaron ventajas, lo hicieron para aumentar la calidad en cuanto al contenido de sólidos solubles totales, dicha característica es apreciada en tomates destinados al procesamiento industrial, pero no se descarta el consumo en fresco (Patanè *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

El cultivo de tomates en macetas utilizando una mezcla de suelo agrícola y estiércol caprino demostró un crecimiento y rendimiento de frutos consistentes, independientemente de los niveles de riego. Aunque se observó estrés hídrico, medido por la concentración de sólidos solubles totales y la productividad del agua, éste no tuvo efectos severos debido a la capacidad de retención del sustrato enriquecido. Por lo tanto, sería factible reducir los volúmenes de riego sin comprometer el rendimiento, lo que sugiere su viabilidad para su implementación en huertos familiares.

REFERENCIAS

- Cuanalo, Heriberto E., Guerra, Rogelio R. (2008). Home-garden production and productivity in a Mayan community of Yucatán, *Human Ecology*, 36(3), 423-433.
- Food and Agriculture Organization. (2007). *Codex Stan 293-2007*, <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/>

Tabla I. Rendimiento de fruto y productividad en relación con el nivel de agua aplicado al cultivo de tomate sometido a déficit hídrico.

Riego (%)	AP (cm)	DT (cm)	PTF (kg planta ⁻¹)	PPF (g)	PA (kg m ³)	DP (cm)	DE (cm)	SST (°Brix)
100	107.5	0.97	1.13	58.25	8.8 ^b	6.1	4.8	4.24 ^a
80	122.8	0.93	1.19	50.97	10.6 ^b	5.9	4.7	4.37 ^a
60	113.3	0.96	1.38	64.82	17.3 ^a	5.4	4.5	5.00 ^b
	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	*

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey (p = 0.05). AP: altura de planta, DT: diámetro de tallo, PTF: peso total de fruto, PA: productividad de agua, DP: diámetro polar de fruto, DE: diámetro ecuatorial de fruto, SST: sólidos solubles totales, NS: no significativo.

Food and Agriculture Organization. (2008). *An introduction to the basic concepts of food security, Food Security Information for Action Practical Guides*, EC-FAO Food Security Programme.

Hoagland, D.R., y Arnon, D.I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil, Circular, *California agricultural experiment station*, 347, 32 p.

Istrate, Ana M.R., Cojocar, Alexandru, Teliban, Gabriel C., et al. (2021). Classification of family vegetable gardens, Lucrari Stiintifice, Universitatea de Stiinte Agricole Si Medicina Veterinara Ion Ionescu de la Brad Iasi, *Seria Horticultura*, 64(1):71-80.

Jensen, Marvin E., y Haise, Howard R. (1963). Estimating evapotranspiration from solar radiation, *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 89(4), 15-41.

Kihanda, F.M., Warren, G.P., y Micheni, A.N. (2007). *Effects of manure application on crop yield and soil chemical properties in a long-term field trial in semi-arid Kenya, In Advances in integrated soil fertility management in sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities* (pp. 471-486). Springer Netherlands.

Kuşçu, Hayretin., Turhan, Ahmet, y Demir, Ali O. (2014). The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment, *Agricultural Water Management*, 133, 92-103.

Martínez-Austria, Polioptro F., y Patiño-Gómez, Carlos. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México, *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3(1), 5-20.

Patanè, Cristina, Tringali, Simona, y Sortino, Orazio. (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions, *Scientia Horticulturae*, 129(4), 590-596.

Rodríguez, A., Prieto, H., Baselga, J., et al. (1993). Influencia de la dosis de riego y de la fertilización nitrogenada sobre la calidad industrial y la composición mineral de los frutos de tomate para concentrado, *Actas de Horticultura*, 10(2), 1098-1103.

Siller, C.J.H., y Baez, M.A. (2009). Recolección, empaque y manejo de poscosecha (pp. 409-426). En Castellanos, J.Z. y C. Borbón-Morales. INTAGRI-AMHPAC. *Panorama de la agricultura en México. Manual de producción de tomate en invernadero*, INTAGRI-México.

Snyder, R. G. (2006). *Guía del cultivo del tomate en invernaderos*. Mississippi State University Extension State.

Tamayo-Ruiz, Luis. E., Rivera-Ortiz, Patricio, y Neri-Ramírez, Efraín. (2020). Producción de tomate con bajo volumen de agua para riego, *Revista CienciaUANL*, 23(99), 8-15.

Castañeda-Navarrete, Jennifer. (2021). Homegarden diversity and food security in southern México, *Food security*, 13(3), 669-683.

Recibido: 13/02/2024
Aceptado: 03/05/2024

Descarga aquí nuestra versión digital.





Estudio de caso de una reforestación con especies nativas del noreste de México

José Manuel Mata-Balderas*,**
ORCID: 0000-0003-4973-446

Tania Isela Sarmiento-Muñoz***
ORCID: 0000-0003-2867-8422

Karen Alejandra Cavada-Prado*
ORCID: 0000-0001-9559-3555

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.131.6>

RESUMEN

Uno de los principales retos en una reforestación con especies nativas es mantener un bajo porcentaje de mortalidad de la plantación. En el presente estudio se llevó a cabo una reforestación en un predio arrendado, derivada de una compensación ambiental. Se realizaron actividades de mantenimiento y monitoreo, en las que se encontraron afectaciones a las plantas por herbivoría, plagas y estrés hídrico. Se implementaron medidas de control y se resalta la importancia de publicar los resultados con el fin de tomar decisiones oportunas en futuras reforestaciones.

Palabras clave: gestión adaptativa; herbivoría; monitoreo; participación social; restauración ecológica.

ABSTRACT

One of the main challenges in a reforestation with native species is maintaining a low percentage of plant mortality. In the present study, reforestation was carried out on a leased property, derived from environmental compensation. Maintenance and monitoring activities where damage to the plants due to herbivory, pests and water stress were found. Control measures were implemented, and the importance of publishing the results is emphasized in order to make timely decisions on future reforestation projects.

Keywords: adaptive gestation, herbivory, monitoring, community participation, ecological restoration.

El matorral espinoso tamaulipeco (MET) es un ecosistema que se distribuye dentro de la Provincia Llanura Costera del Golfo Norte, entre los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Se caracteriza por su alta diversidad florística, con especies de alto valor silvoagropecuario y etnobotánico (Valdez *et al.*, 2018). No obstante, su aprovecha-

miento desmedido ha provocado la disminución en la productividad de la tierra, lo que ha dado como resultado su abandono. Ejemplo de esto es el municipio de Linares, una de las principales ciudades citrícolas de Nuevo León, que ha perdido más del 50% de sus matorrales debido al acelerado aprovechamiento agropecuario (García y Jurado, 2008).

* Gestión Estratégica y Manejo Ambiental S.C. Apodaca, México.
Contacto: karen.cavada@gemasc.com

** Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, México.
Contacto: manuelmata792@gmail.com

*** Biólogos y Silvicultores Forestales por el Ambiente A.C., Apodaca, México.
Contacto: tania.sarmz@gemasc.com

A nivel nacional se han realizado esfuerzos para contrarrestar los efectos de estos impactos, una muestra son las 100,000 ha reforestadas sólo en 2020 (Flores *et al.*, 2021). Sin embargo, entre los principales problemas se encuentra el bajo porcentaje de sobrevivencia. Existen distintos factores que pueden afectar al crecimiento, los aspectos técnicos incluyen calidad y selección de las especies, y el manejo durante la plantación (Torres, 2021). En las zonas áridas y semiáridas, los factores naturales: temperaturas extremas, suelos con bajos nutrientes, incendios forestales, competencia de recursos o depredación por herbivoría o plagas, generan presión sobre los individuos arbóreos (Mohsin *et al.*, 2021). El aspecto social también debe considerarse, ya que el involucramiento de la población local en las distintas etapas de la reforestación podría dar lugar a la apropiación de estas áreas (Ceccon, 2022).

Lo anterior puede significar una oportunidad de intercambio de conocimientos entre las partes involucradas, y una fuente de empleo para los locatarios. A pesar de todo lo expuesto, las reforestaciones suelen abarcar únicamente el proceso de plantación, excluyendo su mantenimiento y monitoreo. Se deben considerar trayectorias de restablecimiento y una gestión adaptativa en caso de respuestas no esperadas. Además, divulgar los resultados obtenidos es esencial en cualquier experiencia de restauración ecológica, pues no siempre se dan a conocer, y menos si no cumplen las expectativas.

Aunque el número de estudios que evalúan reforestaciones dentro del MET ha ido en aumento en los últimos años (García, 2011; López y López, 2013, Foroughbakhch *et al.*, 2014; Patiño-Flores *et al.*, 2022; Mata *et al.*, 2023), aún existe un déficit de trabajos de restauración ecológica relacionados con las tierras áridas en México (CalvaSoto y Pavón, 2018). Las reforestaciones conllevan altos costos, al menos durante el establecimiento y mantenimiento, por lo que es necesario presentar una buena base económica para poder solventarlos.

En el presente estudio se aborda una compensación ambiental mediante una reforestación llevada a cabo en 2022 con especies nativas, sobre un terreno en estado de degradación con antecedentes agropecuarios. El objetivo es analizar los principales daños

y evaluar su influencia en el porcentaje de mortandad. La importancia radica en la necesidad de dar a conocer resultados de reforestaciones del matorral xerófilo que involucren la participación social.

METODOLOGÍA

El sitio de estudio se ubica en un predio ejidal del municipio de Linares, Nuevo León. Previo a la plantación, se realizaron recorridos dentro y fuera del terreno con el fin de generar un ecosistema de referencia (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015). Se firmó un contrato de arrendamiento con el propietario para evitar el aprovechamiento de los árboles a establecer por al menos dos años. Los recorridos se realizaron en acompañamiento de éste quien compartió experiencias y expectativas relacionadas con el uso del terreno. Posteriormente, se delimitó el predio y se marcaron los puntos donde se excavarían los cajetes de plantación, respetando un diseño de curvas a nivel que disminuyeran la erosión hídrica (Venegas, 2016).

Las especies utilizadas fueron producidas y desarrolladas en el vivero forestal de la empresa GEMA, SC., en la ciudad de Linares, N.L., donde recibieron tratamientos de riego, inoculación con micorrizas y fertilizantes. Estas medidas se aplicaron a las plantas por cuatro años, hasta tener una altura, cobertura y DAP₁₀ promedio de 1.05 m, 07 cm y 0.02 m², respetivamente. Para la reforestación, fueron seleccionadas las variedades observadas en el ecosistema de referencia, en concordancia con la disponibilidad del vivero forestal y las acordadas con el propietario del terreno (tabla I). Se realizaron los cajetes de forma manual y se transportaron las plantas a un sitio de acopio dentro del área de reforestación.

Al iniciar la plantación se agregó hidrogel a los cajetes, se introdujo el cepellón sin bolsa de la planta, procurando que no sobrepasara el nivel del suelo y evitar exponer las raíces. Se rellenaron los cajetes con la tierra extraída y se realizó una terraza alrededor de la misma con el fin de mejorar la absorción del agua de riego (Venegas, 2016). Se sujetó el tallo a un tutor de madera que promoviera su crecimiento vertical, y se colocaron protectores de plástico hora-

Tabla 1. Afectaciones encontradas en las especies utilizadas en la reforestación y sus medidas de control.

Especie	<i>Neltuma glandulosa</i>	<i>Havardia pallens</i>	<i>Helietta parvifolia</i>	<i>Ebenopsis ebano</i>	<i>Cordia boissieri</i>	<i>Senegalia berlandieri</i>
Descripción	Corte en el brote leñoso	Corte circular anillado	Estrés hídrico	Estrés hídrico	No aplica	No aplica
Medida de control	Protectores metálicos de mayor altura	Insecticida biodegradable	Incremento en el volumen de riego	Incremento en el volumen de riego	No aplica	No aplica

Fuente: elaboración propia.

dado de 0.65 m de diámetro y 0.35 m de alto a los individuos de *Neltuma glandulosa* (mezquite) para evitar herbivoría.

Con la finalidad de asegurar un óptimo desarrollo, se realizaron actividades de mantenimiento y monitoreo durante un año. Se empleó y capacitó al propietario en el desarrollo de éstas, con el fin de promover la apropiación. El cuidado abarcó el riego con treinta litros por planta cada diez días entre abril y septiembre, y cada veinte el resto del año. En caso de observarse alguna especie con afectaciones por estrés hídrico, se le adicionaban diez litros más. Asimismo, se dio mantenimiento a las terrazas y se realizó el deshierbe alrededor de éstas. El monitoreo se llevó a cabo cada dos meses estableciendo 15 líneas de evaluación, donde se calculó la mortalidad. Cada línea de evaluación incluyó dos repeticiones de cada especie, por lo que se evaluó un total de 180 individuos. De igual manera, el propietario del terreno colaboró en el monitoreo al dar aviso sobre alguna anomalía durante los recorridos de mantenimiento.

RESULTADOS

Se plantaron 1477 árboles en total. El costo fue de \$73,164.00 pesos mexicanos por hectárea, abarcando desde el crecimiento en vivero hasta el mantenimiento y monitoreo. Por su parte, las evaluaciones de mortalidad resultaron en nueve plantas muertas, distribuidos entre barreta (5), mezquite (2), tenaza

(1) y ébano (1). En el transcurso del primer mes posterior a la plantación, se identificó en ejemplares de *N. glandulosa* la depredación por ramoneo en las partes sobresalientes del protector de plástico. Esto conllevó al reemplazo por protectores cilíndricos de malla ciclónica más altos (0.55 x 0.90 m). Por su parte, individuos de *Havardia pallens* tuvieron cortes en el tallo a una altura media de 30 cm. Como método de control, se aplicó insecticida biodegradable únicamente a los árboles de *H. pallens*. Asimismo, algunos ejemplares de *H. parvifolia* y *E. ebano* tenían indicios de estrés hídrico, por lo que se incrementó su volumen de riego. Las especies restantes se desarrollaron sin afectaciones significativas.

DISCUSIÓN

En el presente caso, el costo de reforestación por hectárea es mayor a los de referencia en ambientes áridos señalados por dependencias gubernamentales (Semarnat-Conafor, 2023). Cabe destacar que en éstos no se menciona el tamaño de la planta, tampoco se consideran los recorridos previos, riegos, protección individual frente a herbivoría, mano de obra, costos de monitoreo, deshierbes, control de plagas, entre otras. En cuanto a la mortalidad, la especie con mayores afectaciones fue *H. parvifolia*. Aunque en un principio se atribuía el mal estado de ésta al estrés hídrico, la presencia de barreta se ha documentado en áreas bien conservadas, con poco o nulo disturbio y cierta cantidad de sombra (Pequeño *et al.*, 2021).

Por el contrario, el área de estudio de este trabajo tenía antecedentes recientes de aprovechamiento agropecuario. Aunque algunos individuos de *E. ebano* exhibieron daños como ramas secas y defoliación, sólo se encontró uno muerto en las evaluaciones. Anteriormente se han descrito los mecanismos de adaptación ante el estrés hídrico, siendo uno de ellos el desprendimiento de las hojas (López *et al.*, 2015).

En cuanto a *N. glandulosa*, el tipo de corte que presentan (heridas en el brote leñoso limpias, oblicuas respecto al eje del retoño, aproximadamente a 70 cm del suelo), indica el ramoneo por Lepóridos (Van Lerberghe, 2015). Específicamente se atribuye a *Lepus californicus* (liebre), debido a su recurrente observación directa y rastros en el área de estudio. El ramoneo por liebres se ha documentado anteriormente en una reforestación de mezquites en Durango, donde fue una de las mayores afectaciones a la sobrevivencia de los árboles (Ríos-Saucedo *et al.*, 2012). En Zacatecas se observó un elevado porcentaje de mortalidad por depredación de liebres en mezquites sin protectores en los municipios de Río Grande (Rubio, 2018) y Calera (Rubio y Olvera, 2019). En un diseño experimental de plantación de mezquites en Saltillo, se demostró que la efectividad de los protectores físicos ante Lepóridos aumenta si la elevación es mayor a 90 cm, ya que alturas menores no mostraron eficacia (Velasco, 2009). Este resultado se comprobó al cesar la depredación por herbivoría al implementar protectores más altos en *N. glandulosa* (figura 1).

Por otro lado, debido al corte (circular anillado) y la observación empírica, se adjudica a los individuos de tenaza, a un insecto de la familia *Cerambycidae*, del orden Coleóptera (Velasco-García *et al.*, 2019), de los que se encontraron estudios que registran lesiones similares a las leguminosas por el género *Oncideres*. Éstas son causadas por las hembras adultas, que usan sus mandíbulas para cortar de forma circundante las



Figura 1. Protectores metálicos en *N. glandulosa* (fuente: elaboración propia).

ramas o plántulas vivas, y posteriormente depositan sus huevos en el tejido fresco (Lemes *et al.*, 2012). *Oncideres pustulata* se puede encontrar al noreste de México y sur de Texas, hospedándose en leguminosas como *Vachellia farnesiana*, *Senegalia berlandieri*, *Parkinsonia aculeata* o *N. glandulosa* (Rice, 1989). La ocurrencia de esta variedad se registró en casi un millón de hectáreas al norte de Tamaulipas (Rodríguez-del-Bosque y Garza-Cedillo, 2008). En el desierto Chihuahuense se encontraron afectaciones a *N. glandulosa* var. *torreyana* por *Oncideres rhodisticta* (Martínez *et al.*, 2009). Cabe destacar que no se encontraron estudios que registraran daños de este grupo hacia *H. pallens*, y que el resto de las leguminosas no los presentaron.

CONCLUSIONES

Las acciones de evaluación y mantenimiento evidenciaron la importancia de dar un seguimiento a las reforestaciones ya establecidas, con el fin de tomar decisiones oportunas ante eventos inesperados. Debido a los altos costos de ejecución y su

posterior mantenimiento, es recomendable evaluar la prioridad en la implementación de acciones correctivas. La participación de los propietarios o productores de la tierra en el proceso de plantación, mantenimiento y evaluación, es de alta importancia para promover la apropiación de la misma y por lo tanto su permanencia a largo plazo.

REFERENCIAS

Aguilar-Garavito, Mauricio, y Ramírez, Wilson. (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres*, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH), <https://acortar.link/VDbdQr>

CalvaSoto, Karina, y Pavón, Numa P. (2018). La restauración ecológica en México: una disciplina emergente en un país deteriorado, *Madera y Bosques*, 24(1), e2411135.

Ceccon, Eliane. (2022). La dimensión social en la restauración ecológica: un reto y una posible solución a la crisis ecológica, *Boletín de la SCME*, 2(1), 34-41. <https://acortar.link/eBGHHU>

Flores, Andrés, Romero-Sánchez, Martín E., Pérez-Miranda, Ramiro, *et al.* (2021). Potencial de restauración de bosques de coníferas en zonas de movimiento de germoplasma en México, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(63), 4-27, <https://doi.org/10.29298/rmcfv12i63.813>

Foroughbakhch, Rahim, Hernández-Piñero, Jorge L., y Carrillo-Parra, Artemio. (2014). Adaptability, growth and firewood volume yield of multipurpose tree species in semiarid regions of Northeastern Mexico, *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 2(12), 444-453, <https://doi.org/10.15739/IJAPR.016>

García-Hernández, Jorge, y Jurado, Enrique. (2008). Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares, N.L., México, *Ra Ximhai. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 4(1), 1-21, <https://www.redalyc.org/pdf/461/46140101.pdf>

García, Jaime F. (2011). Can environmental variation affect seedling survival of plants in northeastern Mexico?, *Archives of Biological Sciences*, 63(3), 731-737. <https://doi.org/10.2298/ABS1103731G>

Hernández, Y., Boege, Karina, Linding-Cisneros, Roberto, *et al.* (2014). Lepidopteran herbivory in restored and successional sites in a tropical dry forest, *The Southwestern Naturalist*, 59(1), 66-74.

Lemes, Pedro G., Ronan, Afonso, Dos Anjos, Norivaldo, *et al.* (2012). First Host Record of *Oncideres mirim* Martins and Galileo 1996 (Coleoptera: *Cerambycidae*) on *Acacia mangium* Willd. (*Fabaceae*), *The Coleopterists Bulletin*, 66(2), 173-176.

López, A., Ricardo, y López G., Mariana. (2013). Evaluación y comportamiento paisajístico de especies nativas en Linares, N.L., 16 años de evaluación, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(17), 164-173, <https://doi.org/10.29298/rmcfv4i17429>

López H., Juan M., González R., Humberto, Ramírez L., Roque G., *et al.* (2015). Producción de hojarasca y depósito potencial de nutrientes de las hojas en el Matorral Espinoso Tamaulipeco, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(30), 74-89, https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000400007

Mata-Balderas, Manuel, González-Sánchez, Carla S., Cavada-Prado, Karen A., *et al.* (2023). Evaluación de una reforestación y regeneración del matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(79), 180-212, <https://doi.org/10.29298/rmcfv14i79.1340>

Martínez, Armando J., López-Portillo, J., Eben, A. *et al.* (2009). Cerambycid girdling and water stress modify mesquite architecture and reproduction, *Popul Ecol.*, 51, 533-541.

Méndez-Toribio, Moisés, Martínez-Garza, Cristina, Ceccon, Eliane, *et al.* (2018). *La restauración de ecosistemas terrestres en México: estado actual, necesidades y oportunidades*, Centro para la Investigación Forestal Internacional

Mohsin, Faeqa, Arias, Mylen, Albrecht, Clifton, *et al.* (2021). Species-specific responses to restoration interventions in a Tamaulipan thornforest, *Forest Ecology and Management*, 491, 1-13.

Patiño-Flores, Ana M., Alanís-Rodríguez, Eduardo, Molina-Guerra, Victor M., *et al.* (2022). Regeneración natural en un área restaurada del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México, *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 9(1), e2853, <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.2853>

Pequeño L., Miguel Á., Alanís R., Eduardo, Molina G., Víctor M., *et al.* (2021). Estructura y diversidad de un matorral dominado por *Helietta parvifolia* (A. Gray ex Hensl.) Benth, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(63), 88-113, <https://doi.org/10.29298/rmcfv12i63762>

Rice, Marlin E. (1989). Branch Girdling and Oviposition Biology of *Oncideres pustulatus* (Coleoptera: *Cerambycidae*) on *Acacia farnesiana*, *Annals of the Entomological Society of America*, 82(2), 181-185.

Ríos-Saucedo, Julio C., Riviera-González, Miguel, Valenzuela-Núñez, Luis M., *et al.* (2012). Diagnóstico de las reforestaciones de mezquite y métodos para incrementar su sobrevivencia en Durango, México, *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 11(2), 63-67.

Rodríguez-del-Bosque, L.A. y Garza-Cedillo, R.D. (2008). Survival, emergence, and Damage by *Oncideres pustulata* (Coleoptera: *Cerambycidae*) on Huisache and Leucaena (*Fabaceae*) un México, *Southwestern Entomologist*, 33(3), 209-217.

Rubio Aguirre, Francisco A. (2018). *Reforestación con plantas de mezquite en un terreno agrícola en el municipio de calera de V.R., Zacatecas*, en XIV Congreso Nacional Sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas.

Bermejillo, Durango, Universidad Autónoma Chapingo.

Rubio Aguirre, F.A. y Olvera Leal, I. (2019). *Producción de semilla de pasto banderilla Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr. bajo diferentes densidades de población en tres años de evaluación en el altiplano zacatecano*, IV Congreso Internacional y XV Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas. Gómez Palacio, Durango, Universidad Autónoma Chapingo.

Semarnat-Conafor. (2023). Acuerdo mediante el cual se expiden los costos de referencia para la compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación, *Diario Oficial de la Federación*, <https://acortar.link/FSWgwY>

Torres Rojo, Juan M. (2021). Factores ambientales y físicos que afectan a la supervivencia de siete especies forestales en el Estado de México, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(64), 66-91.

Valdez M., Carlos. G., Guzmán L., Marco A., Valdés G., Arcadio, *et al.* (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México, *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1674-1682, <https://doi.org/10.15517/rbtv66i4.32135>

Van Lerbergue, Philippe. (2015). *Proteger los árboles contra los daños de la fauna cinegética. Los protectores de malla*, Institut pour le Développement Forestier (IDF), pp. 67.

Vanegas L., Magda. (2016). *Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación sólo especies nativas en zonas prioritarias*, Conafor, Conabio, GEF-PNUD, <https://acortar.link/LB37zj>

Velasco, Jorge L. (2009). *Mecanismos de protección contra roedores y lagomorfos en una plantación de Prosopis glandulosa, en el municipio de Saltillo, Coahuila*, Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", División de Agronomía, Saltillo, Coahuila.

Velasco-García, Mario L., Hernández-Hernández, María L., Ramírez-Herrera, Carlos, *et al.* (2019). Mortalidad y sanidad de procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en la costa de Oaxaca, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56), 196-217, <https://doi.org/10.29298/rmcfv10i56462>

Recibido: 14/02/2024
Aceptado: 28/05/2024

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



SECRETARÍA DE
INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA Y
DESARROLLO
TECNOLÓGICO

DI DIRECCIÓN DE
INVESTIGACIÓN

Los cactus

conocidos como viejitos
del noreste de México
y su historia natural

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.131-7>

Martha Gabriela Aguilar-Flores*

ORCID: 0000-0002-8309-9688

Lorena Garrido-Olvera*

ORCID: 0000-0001-8414-4519

Arturo Mora-Olivo*

ORCID: 0000-0002-9654-0305

* Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, México.

Contacto: a2153138002@alumnos.uat.edu.mx, lolvera@docentes.uat.edu.mx,
amora@docentes.uat.edu.mx



Viajando por la planicie costera del Golfo de México, a lo lejos, entre el bosque tropical seco, se alcanza a ver una colonia de viejitos, que sin duda son y serán una fuente de conocimiento en diferentes áreas de la biología.

¿QUÉ SON LOS VIEJITOS?

Con el nombre de viejitos se identifica a distintas cactáceas que durante la floración presentan, a lo largo de su cuerpo, y especialmente en la parte superior (llamado cefalio), un denso “pelo” blanco que da la apariencia de canas. Esto sucede particularmente con plantas columnares, por ejemplo, las del género *Pilosocereus*, que comprende 42 especies (Bravo-Hollis, 1978). Estas plantas se distribuyen en las zonas semiáridas de los bosques tropicales secos que se extienden desde el sureste de Estados Unidos, México, Centroamérica, al norte de los Andes y sureste de Brasil (Lavor *et al.*, 2020; Franco-Estrada *et al.*, 2022a). Sin embargo, *Pilosocereus leucocephalus* es una de las más comunes en el noreste de México y habita en las áreas bajas de la Sierra Madre Oriental. A ésta también se le conoce como órgano viejito o cabeza de viejito (Mora-Olivo *et al.*, 2021), y es a la que nos referiremos a lo largo de este artículo (figura 1).



Figura 1. Colonia de viejitos en la Reserva de la Biósfera Sierra de Tamaulipas, municipio de Soto la Marina.

¿CÓMO RECONOZCO A UN VIEJITO?

Los viejitos, igual que muchas cactáceas columnares, se caracterizan por la presencia de tallos erectos succulentos, con ramas que nacen desde la base y por tener troncos bien definidos que llegan a medir hasta seis metros de altura (figura 2a). Los tallos se encuentran segmentados formando costillas longitudinales, con la presencia de areolas, una de las estructuras que más las caracterizan y donde salen las espinas (que en realidad son hojas modificadas que aparecieron como un medio de sobrevivencia para evitar la pérdida de agua en las zonas áridas).

Aunque no poseen hojas normales, todo el cuerpo de *P. leucocephalus* es de color verde oscuro y azulado, por lo que son capaces de realizar fotosíntesis. Característicamente, en la parte superior de los tallos y en las costillas laterales aparecen largos pelos blanquecinos y lanosos, de donde toman el nombre coloquial que los distingue (figura 2b) (Bravo-Hollis, 1978; Anderson, 2001).

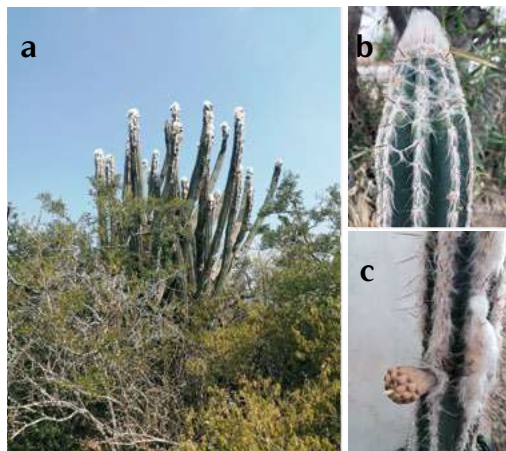


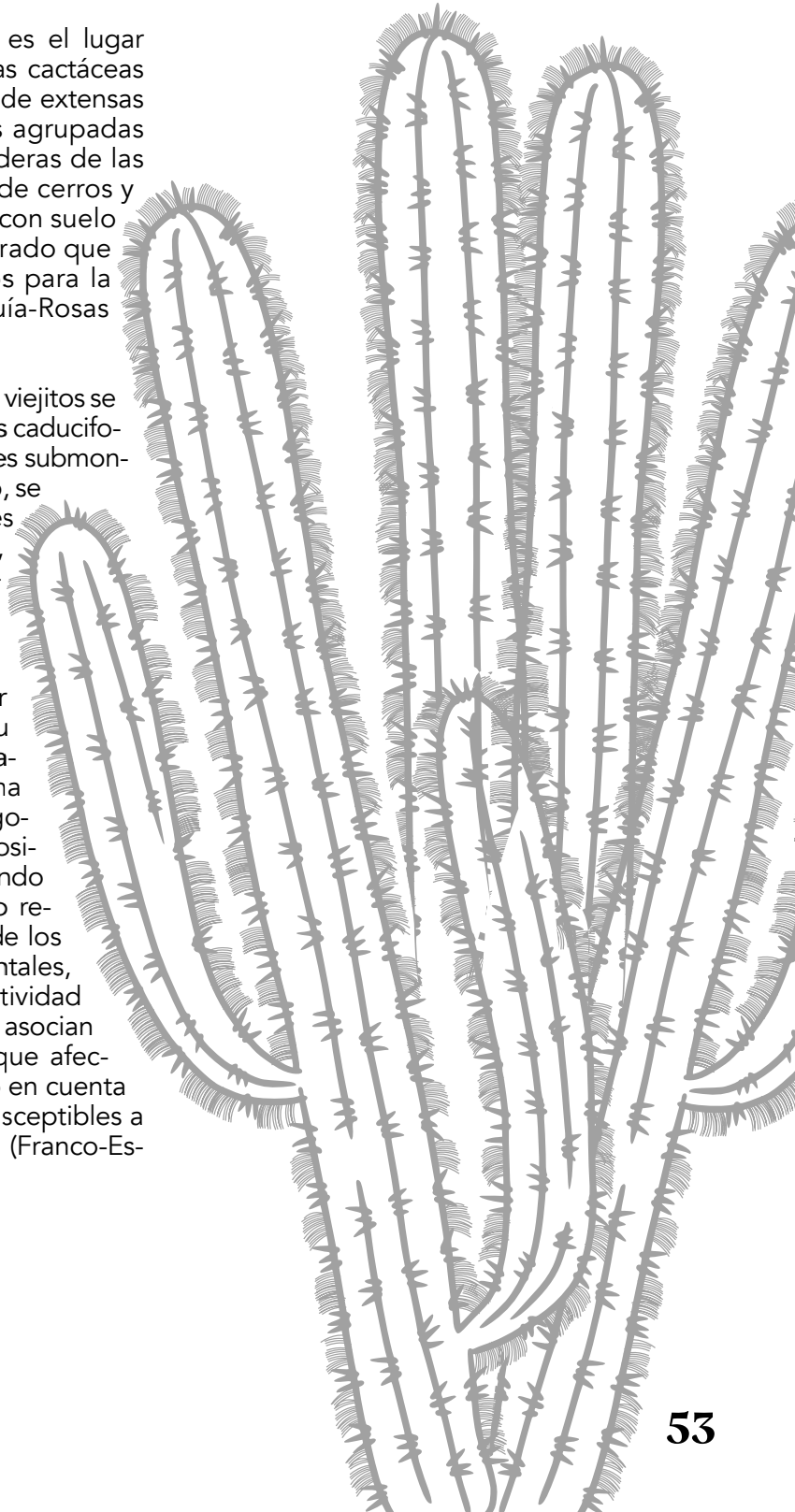
Figura 2. Vista general del viejito en localidades de Tamaulipas, a) ramas, b) tronco y costillas, c) flor.

¿DÓNDE CRECEN LOS VIEJITOS?

Un aspecto interesante en los viejitos es el lugar donde habitan, pues contrario a muchas cactáceas columnares que se extienden a lo largo de extensas planicies, éstos crecen en poblaciones agrupadas y se les puede ver restringidos a las laderas de las montañas, cañones, en las zonas altas de cerros y frecuentemente en zonas de peñascos con suelo escaso. Después de todo, está demostrado que las cavidades rocosas son más seguros para la supervivencia de sus semillas (Munguía-Rosas *et al.*, 2008).

Respecto a los tipos de vegetación, los viejitos se desarrollan principalmente en selvas bajas caducifolias (bosques tropicales secos) y matorrales submontanos (Mora-Olivo *et al.*, 2021). En México, se ubican en la costa Este, con poblaciones en Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Oaxaca y Chiapas, mientras que en Centroamérica se encuentran en Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador.

Algunos investigadores, curiosos por conocer los factores que determinan su distribución geográfica, realizaron un trabajo con modelos de nicho ecológico, una herramienta con la que a través de algoritmos matemáticos se delimita la disposición espacial de una especie considerando factores como el clima. En otro estudio reciente se descubrió que la localización de los viejitos está asociada a variables ambientales, entre ellas la precipitación y la conductividad eléctrica del suelo. Ambas, a su vez, se asocian con la salinidad y el drenaje, factores que afectan directamente su ubicación, tomando en cuenta que la mayoría de los cactus son muy susceptibles a la pudrición por el exceso de humedad (Franco-Estrada *et al.*, 2022b).

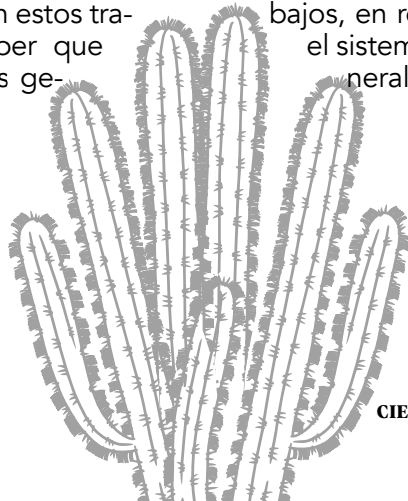


A pesar de que en general *P. leucocephalus* se encuentra ampliamente distribuido, sus poblaciones han tendido a ser discontinuas, es decir, separadas geográficamente entre ellas. Por esta razón es importante considerar los esfuerzos que realizan las autoridades para protegerlas. Por un lado, la Norma Oficial Mexicana 059-Semarnat-2010, que hace referencia a la lista de especies de flora y fauna silvestres de México en alguna categoría de riesgo, contempla a *Pilosocereus cometes*, ahora llamada *Pilosocereus leucocephalus*, en la categoría de sujeta a protección especial (Pr) con localización endémica o restringida a una cierta región. Por otro lado, a nivel internacional, la Lista Roja de Especies Amenazadas (*Red List of Threatened Species*) en 2009 dio a conocer una evaluación de las poblaciones de éstos y los ubicó en la categoría de preocupación menor (*Least Concern*), tendientes a decrecer, señalando que es una especie poco común.

¿POR QUÉ SON INTERESANTES LOS VIEJITOS?

Los viejitos tienen algunos atributos que los hacen especiales, entre otros se encuentran las flores en forma de campana, de color púrpura, rosa bronce o blanquecinas (figura 2c) (Hunt *et al.*, 2006). Estas plantas presentan el síndrome de la quiropterofilia, es decir, que tienen adaptaciones en las flores que permiten atraer a los murciélagos para la polinización, por lo que se pensaría que en ellas esta acción es exclusivamente realizada por estos mamíferos voladores.

Sin embargo, en un estudio se demostró que, aunque son polinizados principalmente por visitantes nocturnos: murciélagos y polillas; también participan activamente otros conocidos diurnos: aves, colibríes y abejas (Munguía-Rosas *et al.*, 2010a). Por lo que, con estos trabajos, en realidad se puede saber que el sistema de polinización es generalizado y no



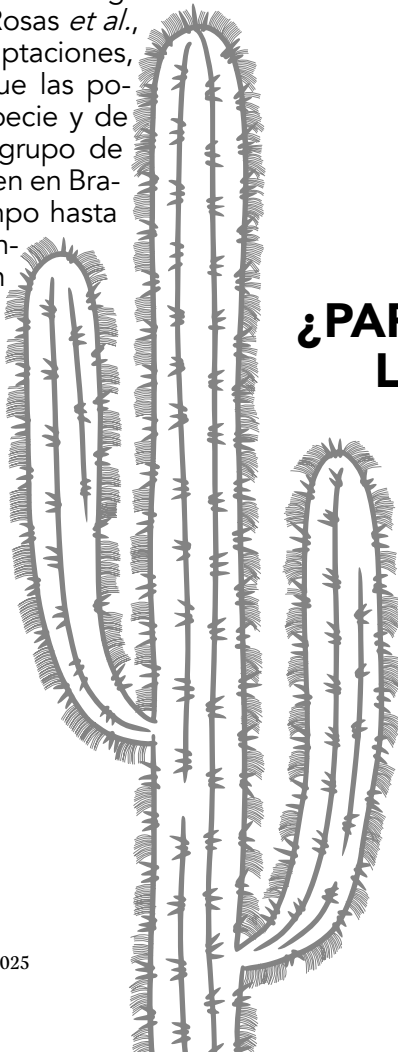
especializado como ocurre con otras cactáceas, por ejemplo, el cactus brasileño xique (*Pilosocereus gounellei*) al que polinizan exclusivamente esfíngidos (la llamada polilla esfinge) (Rocha *et al.*, 2019).

Otra característica que los vuelve interesantes es la forma en que florecen, ya que lo hacen durante una noche. La floración ocurre en el periodo de primavera al verano, coincidiendo con la temporada más cálida del año, y los frutos comienzan a presentarse dos semanas después. Además, esta etapa es pulsada y asincrónica, es decir, no es continua sino más bien pausada, abriendo las flores por breves lapsos seguidos de semanas sin capullos, pero sólo en individuos que superan los dos metros de altura ya que la temperatura es la responsable de desencadenar el proceso (Munguía-Rosas *et al.*, 2010b).

También es importante destacar las adaptaciones que los viejitos presentan para ser atractivos durante la dispersión de las semillas: frutos de color rojo brillante, carnosos y con cientos de pepitas pequeñas, lo cual hace que las aves y algunas hormigas ayuden a ese proceso (Munguía-Rosas *et al.*, 2009). Increíblemente, tales adaptaciones, entre otras, han contribuido a que las poblaciones ancestrales de esta especie y de sus hermanas pertenecientes al grupo de *Pilosocereus*, que tuvieron su origen en Brasil, migraran con el paso del tiempo hasta cubrir las áreas amazónicas, Centroamérica y lograr extenderse en América del Norte, así lo dieron a conocer algunos estudios genéticos (Calvente *et al.*, 2017).

¿PARA QUÉ SE USAN LOS VIEJITOS?

Al igual que otras muchas especies de cactáceas, los viejitos eventualmente son utilizados como plantas ornamentales en jardines públicos y particulares, quizá por lo llamativo de los mechones blancos que coronan las partes superiores de los tallos. Adicionalmente, los lugareños suelen usarlos con fines de medicina tradicional, aunque aún no se conoce mu-



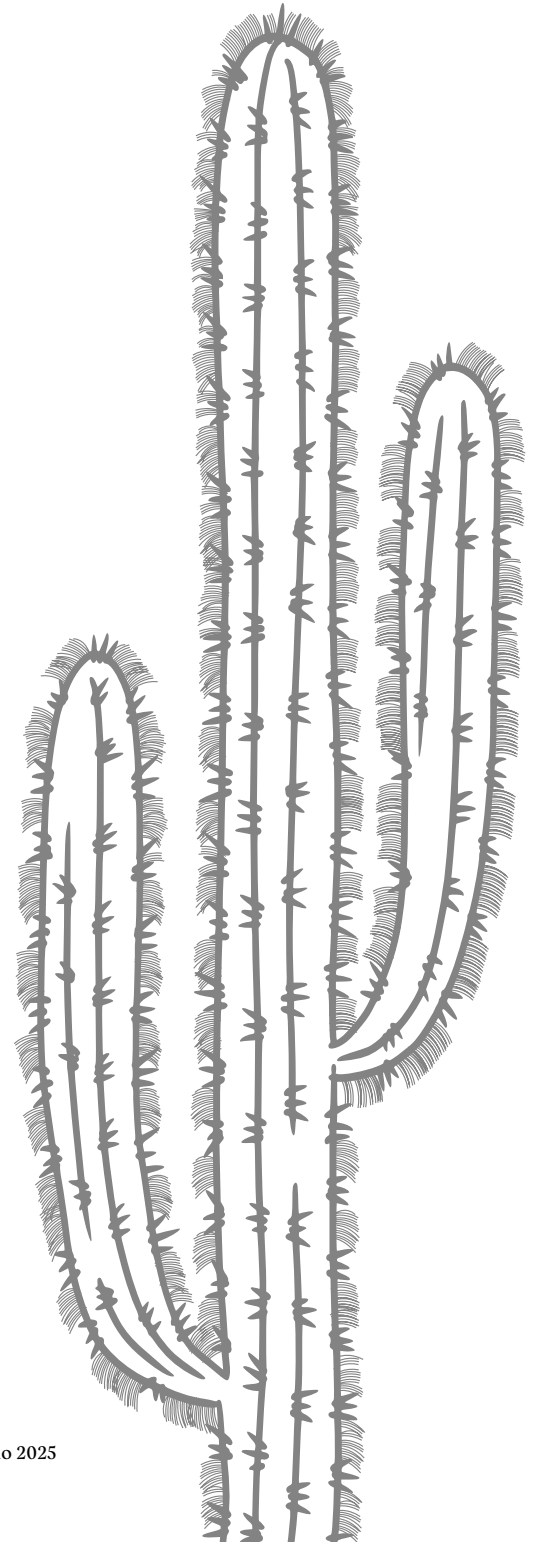
cho sobre este tema. Asimismo, dado que los frutos son comestibles, en las comunidades rurales, las plantas frecuentemente son protegidas y manejadas con ese propósito (Bravo-Hollis, 1978).

REFLEXIÓN

Los viejitos y otras cactáceas que por su atractivo son saqueadas de su hábitat natural, merecen la protección de sus poblaciones, no sólo por los especialistas sino todas aquellas personas que, estando conscientes de la conservación de la biodiversidad, intentan que no desaparezcan. Si usted desea tener en su jardín particular un atractivo viejito, le invitamos a adquirir ejemplares en viveros certificados o que tengan los permisos oficiales para este ejercicio. Y aunque las autoridades competentes tienen la función de salvaguardar a ésta y a otras especies amenazadas, es importante que todos contribuyamos a detener su comercio ilícito con el objetivo de que las próximas generaciones puedan seguir disfrutando de la belleza de estas plantas en su hábitat natural.

REFERENCIAS

- Anderson, Edward F. (2001). *The Cactus Family*, Timber Press, Inc.
- Bravo-Hollis, Helia. (1978). *Las cactáceas de México, Volumen 1*, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Calvente, Alice, Moraes, Evandro M., Lavor, Pâmela, et al. (2017). Phylogenetic analyses of *Pilosocereus* (Cactaceae) inferred from plastid and nuclear sequences, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 183(1), 25-38, <https://doi.org/10.1111/boj.12491>
- Franco-Estrada, Daniel, Barrios, Duniel, Cervantes, Cristian, R., et al. (2022a). Phylogenetic and morphological analyses of *Pilosocereus leucocephalus* group s.s. (Cactaceae) reveal new taxonomical implications, *Journal of Plant Research*, 135, 423-442, <https://doi.org/10.1007/s10265-022-01384-x>
- Franco-Estrada, Daniel, Ortiz, Enrique, Villaseñor, José L., et al. (2022b). Species distribution modelling and predictor variables for species distribution and niche preferences of *Pilosocereus leucocephalus* group s.s. (Cactaceae), *Systematics and Biodiversity*, 20(1), 1-17, <https://doi.org/10.1080/14772000.2022.2128928>



Hunt, David R., Taylor, Nigel P., y Charles, Graham. (2006). *The New Cactus Lexicon*, DH Books.

Lavor, Pâmela, Versieux, Leonardo M., y Calvente, Alice. (2020). Phylogenetic relationships of *Pilosocereus* (Cactaceae) and taxonomic implications, *Plant-Now*, 1(2), 52-70, <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12895124>

Mora-Olivo, Arturo, Guerra-Pérez, Antonio, y González-Romo, Claudia E. (2021). *Árboles de la Reserva El Cielo: nomenclatura y uso tradicional*, Colofón Ediciones Académicas, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Munguía-Rosas, Miguel A., y Sosa, Vinicio J. (2008). Nurse plants vs. nurse objects: effects of woody plants and rocky cavities on the recruitment of the *Pilosocereus leucocephalus* columnar cactus, *Annals of Botany*, 101(1), 175-185, <https://doi.org/10.1093/aob/mcm302>

Munguía-Rosas Miguel A., Jácome-Flores Miguel E., Sosa, Vinicio J., et al. (2009). Removal of *Pilosocereus leucocephalus* (Cactaceae, tribe Cereeae) seeds by ants and their potential role as primary seed dispersers, *Journal of Arid Environments*, 73, 578-581, <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.12.017>

Munguía-Rosas, Miguel A., Sosa, Vinicio J., y Jácome-Flores, Miguel E. (2010a). Pollination system of the *Pilosocereus leucocephalus* columnar cactus (tribe Cereeae) in eastern México, *Plant Biology*, 12(4), 578-586, <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2009.00254.x>

Munguía-Rosas, Miguel A., y Sosa, Vinicio J. (2010b). Phenology of *Pilosocereus leucocephalus* (Cactaceae, tribe Cereeae): a columnar cactus with asynchronous pulsed flowering, *Plant Ecology*, 211, 191-201, <https://doi.org/10.1007/s11258-010-9784-z>

Rocha, Emerson A., Domingos-Melo, Arthur, Zappi, Daniela C., et al. (2019). Reproductive biology of columnar cacti: are bats the only protagonists in the pollination of *Pilosocereus*, a typical chiropterophilous genus?, *Folia Geobotanica*, 54, 239-256, <https://doi.org/10.1007/s12224-019-09357-0>

Descarga aquí nuestra versión digital.





Conocimientos comunitarios para
el manejo de los recursos hídricos:

entrevista a Ángel Merlo Galeazzi



María Josefa Santos-Corral*

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



Á

ngel Merlo Galeazzi es maestro en Ciencias Biológicas y doctor en Ciencias de la Sostenibilidad por la UNAM. Sus áreas de experiencia están relacionadas con la sostenibilidad y la resiliencia a nivel rural y urbano. En ellas ha trabajado en proyectos de investigación y consultoría en distintos temas: comunidades pesqueras, cafetaleros, agricultura protegida y planes estratégicos de resiliencia ante cambio climático en grandes urbes. Además, ha desarrollado herramientas que promueven la participación ciudadana en la toma de decisiones, en la elaboración de estrategias de adaptación, así como la formación de recursos humanos para dichos fines. Con este propósito ha diseñado e impartido cursos curriculares y talleres participativos con los actores involucrados en la protección de recursos naturales, especialmente hídricos. El doctor Merlo tiene varias publicaciones sobre sistemas de manejo de recursos socioambientales, servicios ecosistémicos, resiliencia, sostenibilidad y ecología acuática. Actualmente es consultor y profesor en la Licenciatura de Urbanismo de la Facultad de Arquitectura de la UNAM.

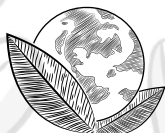


¿Cuándo descubre el doctor Merlo su vocación por la investigación en biología?

Comenzó desde pequeño, y se deriva del ambiente en el que viví. Crecí en una población que ahora es zona suburbana de la ciudad de Puebla, pero que hace más de 25 años, cuando niño, era un área rural. Estaba rodeada de naturaleza y se dedicaba a la ganadería. Yo vivía a las afueras, donde todavía, incluso hoy en día, hay bastante forraje y persisten las actividades agrícolas. De manera que, desde entonces estuve en contacto con la ciencia de la vida, y conforme fui creciendo, desarrollé el interés de dedicarme a ella. Al principio pensé en decantarme por la medicina; después, por la veterinaria. Sin embargo, cuando llegué al bachillerato, la profesora de Biología era muy buena y fue quien despertó mi pasión por las ciencias biológicas.

Por las circunstancias anteriores decidí inscribirme en la carrera de Biología, un poco por el ambiente donde crecí en contacto con los animales, plantas y con la vida rural, lo que se vio reforzado por mi formación en el bachillerato, muy cercana a las ciencias naturales. Desde niño tenía una gran pasión y mucha vinculación con esta parte natural.

Como lo señalé arriba, después del bachillerato ingresé a la Licenciatura de Ciencias Biológicas. En principio me costó mucho, uno imagina que la carrera de Biología es sólo el estudio de animales y plantas, sin embargo, tiene otros componentes, por ejemplo, matemáticas, estadística, filosofía, biología celular y otras materias que debes cursar porque son parte de tu formación, no obstante, no era lo que pensaba encontrarme. Luego viene el tema de vinculación con las sociedades en las que uno trabaja...



¿Cómo ha sido el proceso de vinculación con los problemas socioecológicos de las comunidades?

Ese fue un procedimiento un poco más lento. Cuando empecé a estudiar biología, hice mi tesis de licenciatura y de maestría muy enfocada a cuestiones biológicas; mi único contacto con las comunidades de Xochimilco (CDMX) en las que trabajé, fue contratar y platicar con el pescador que me llevaba, pero de ahí nunca pasó.

Después dejé en pausa la ciencia por un tiempo y me fui a Tabasco, a un centro de investigación, en un puesto de técnico. En Villahermosa, los colaboradores me animaron a hacer el doctorado. Desde mi formación como biólogo y con la maestría en ciencias había laborado siempre en temas relacionados con el agua: calidad, monitoreo biológico, etcétera. Así que cuando ingresé al posgrado pensé que me faltaba entender la parte asociada o vinculada con la gente. Esto es, considerar la manera en que acceden y conviven con sus recursos y qué esperan de ellos.

Ese fue el propósito de mi doctorado: entender y aprender la otra cara, la más social, la de cómo se convive, cuida y aprovecha el recurso, y cuáles son los factores que los amenazan. Entonces pensé que, si bien comprendía un poco más el tema de las ciencias naturales, tenía que incorporar el de las sociales, para hacer una evaluación integral de los recursos hídricos. Casi siempre trabajé con éstos, aunque recientemente, como consultor, he ido incorporando otros temas, pero originalmente siempre había estado en proyectos relacionadas con el agua. En resumen, esa fue la preocupación después del doctorado, ecología, cadenas tróficas, contaminación ambiental, etcétera, tratando de comprender la manera en que la gente vive su entorno, cómo lo valoran, el tema de los comportamientos sociales.



¿Cómo hace el doctor Merlo para tener acceso a las comunidades?

No es un tema fácil hacer investigación en esos lugares, siempre es complejo. He encontrado que hay varias formas de tener acceso, la más fácil y segura es conociendo a alguien ahí, así vas directamente, él o ella te recomienda con otros y te vas introduciendo, pero si no tienes a nadie y necesitas estar ahí, el asunto se complica. Por ejemplo, tuvimos una experiencia con poblaciones pesqueras en Tabasco y en Campeche, donde no conocíamos a nadie y teníamos que llevar a cabo un cuestionario. En ese momento te enfrentas al escrutinio de los habitantes: ¿para qué?, ¿por qué?, ¿quién eres?, ¿qué voy a ganar yo con esto? Es un poco difícil la parte social. Hay que entablar la relación con ellos, con mucho cuidado y respeto, diciéndoles la verdad. Aclarando lo mejor posible el objetivo del estudio, la finalidad, quién eres y dónde vienes, el tipo de financiamiento. Hay que tocar puertas, entender que no te van a recibir a la primera y que te va a costar. Algunas veces sí, aunque casi siempre tienes que visitarlos al menos un par de ocasiones, platicar con ellos. También una buena estrategia es comer en el restaurante local, empezar a crear vínculos de confianza, exponerles el trabajo que vas a realizar y su finalidad. Esa es otra forma de entrar.

La tercera manera, la mejor, es cuando el plan surge del propio interés de las comunidades. Hemos participado en trabajos donde son ellos los que están interesados en hacer un proyecto y te invitan a ti. Esa sería la ideal, porque tienes todas las puertas abiertas. Aunque es la menos frecuente, desafortunadamente.



¿Qué resultados ha tenido en los talleres y cursos participativos?

Los talleres que he diseñado y en los que sólo he participado están enfocados en caracterizar un socioecosistema o los problemas socioecológicos de las regiones, y encontrar, en algunos casos, soluciones compartidas. Así, creo que los resultados más interesantes de estos proyectos se obtienen cuando eres capaz de juntar en un solo espacio de convivencia distintas visiones. Ahí te das cuenta cómo la gente de una misma comunidad, poblaciones vecinas o de sectores dentro de una localidad no conviven entre sí, no conocen las problemáticas, ni la perspectiva de las otras personas a pesar de que son del mismo pueblo o de la región.

En ese sentido creo que uno de los primeros resultados es ponerlos en contacto. Además, muchas veces este tipo de herramientas coadyuvan a entender y diseñar estrategias de resiliencia o de adaptación que nacen de los problemas específicos que ellos tienen.



¿Qué tanto se recupera para el manejo socioambiental la experiencia de las comunidades a las que imparte talleres?

Si bien cuando los impartimos llevamos datos y herramientas que se generan desde la biología o la geografía, cuestiones muy numéricas o técnicas del manejo o de las dificultades socioambientales que tiene una región; también es cierto que, a lo largo de los talleres, recuperamos la experiencia de los habitantes.

Por ejemplo, en mi tesis doctoral, a partir de los datos que obtuve de las entrevistas y de los grupos focales, recuperé información acerca de problemas muy recientes, que no están todavía documentados, ni mapeados, que se desarrollan en estos momentos sobre inconvenientes como las plagas en los bosques,

donde no hay tanto manejo. Este tipo de detalles son los que se recuperan en los talleres, pues son los que se consideran más necesarios de atender. De manera que nosotros basamos los contenidos en una combinación de ambos, no obstante, en principio, dándole prioridad a las necesidades de la población.

Así, la información transmitida tiene más oportunidad de transformarse en conocimiento para diseñar estrategias viables o exitosas, porque estamos atendiendo de primera mano las perspectivas y las necesidades que tienen las personas. Paralelamente, podemos diseñar planes que incorporen conocimientos que no necesariamente son vistos en un inicio, pero que eventualmente pueden ser de mucha ayuda.



Derivado de su experiencia en el trabajo con comunidades, ¿cuáles considera usted que son los mayores retos para el cuidado del ambiente?

Una de las problemáticas que nosotros vemos es que los conocimientos y perspectivas de las personas, en ocasiones, quedan relegadas. Los consideramos sólo cuidadores del bosque más que parte integral de este socioecosistema.





Esto se debe a varias circunstancias. La primera está ligada a las condiciones económicas de muchas poblaciones que los obligan a explotar los recursos naturales que tienen a la mano. En segundo lugar, no existen programas de apoyo que generen capacidades, más allá de los asistencialistas o de transferencia monetaria. Hacen falta proyectos que les muestren cómo generar y bajar recursos de una organización internacional, por ejemplo, capacidades que no se encuentran en las comunidades. Obviamente también está toda la parte material-tecnológica, sobre todo si se encuentran muy aislados, sin caminos ni medios de comunicación, con una brecha en cuanto a la generación y al acceso a la información.

Finalmente, pienso que, en los últimos años, se ha ido revalorizando el conocimiento tradicional. Durante mucho tiempo este tipo de saberes estuvieron muy desprestigiados, no se consideraban útiles; recientemente se han ido recuperando y las mismas comunidades se sienten orgullosas de ellos, aunque no en todos lados, y

no siempre. Esto último es una oportunidad porque el compartir y valorar la cultura ayuda a generar procesos de unión y cohesión, que son importantes. Otra buena noticia es que se ha visibilizado el saber tradicional, y ya no es despreciado como hace 20 o 30 años. La migración es un fenómeno que amenaza la conservación, pues al no estar codificado, los conocimientos se van con los individuos que salen de la población.



¿Qué le ha dado la UNAM al doctor Merlo y usted a la UNAM?

La UNAM me ha dado un espacio de formación académica, una oportunidad de desarrollar mis pensamientos, mis ideas y la posibilidad de colaborar con muchas personas. He laborado en distintos ámbitos y con especialistas de diversos institutos. Por ejemplo, el de Biología, el de Investigaciones Económicas, de LANCyS, el de Geografía.

Esta colaboración interdisciplinaria o multidisciplinaria me ha dado la oportunidad de ir incorporando visiones, ideas y herramientas para acercarme a distintos problemas. Así pues, la UNAM me ha dado un espacio integral donde desarrollarme, me ha ayudado muchísimo.

En cuanto a lo que yo le he dado, pues a lo mejor es muy poquito en comparación. He impartido cursos, he tenido la oportunidad de formar estudiantes en estos temas en la Facultad de Ciencias y en la de Arquitectura. Es fascinante transmitir mis conocimientos y herramientas a personas con otros intereses y con otra formación, lo que incluye tanto a los estudiantes como a los investigadores con los que colaboro. También he llevado el nombre de la UNAM a las comunidades con las que he trabajado.

Muchas gracias doctor Merlo por la entrevista.

Descarga aquí nuestra versión digital.





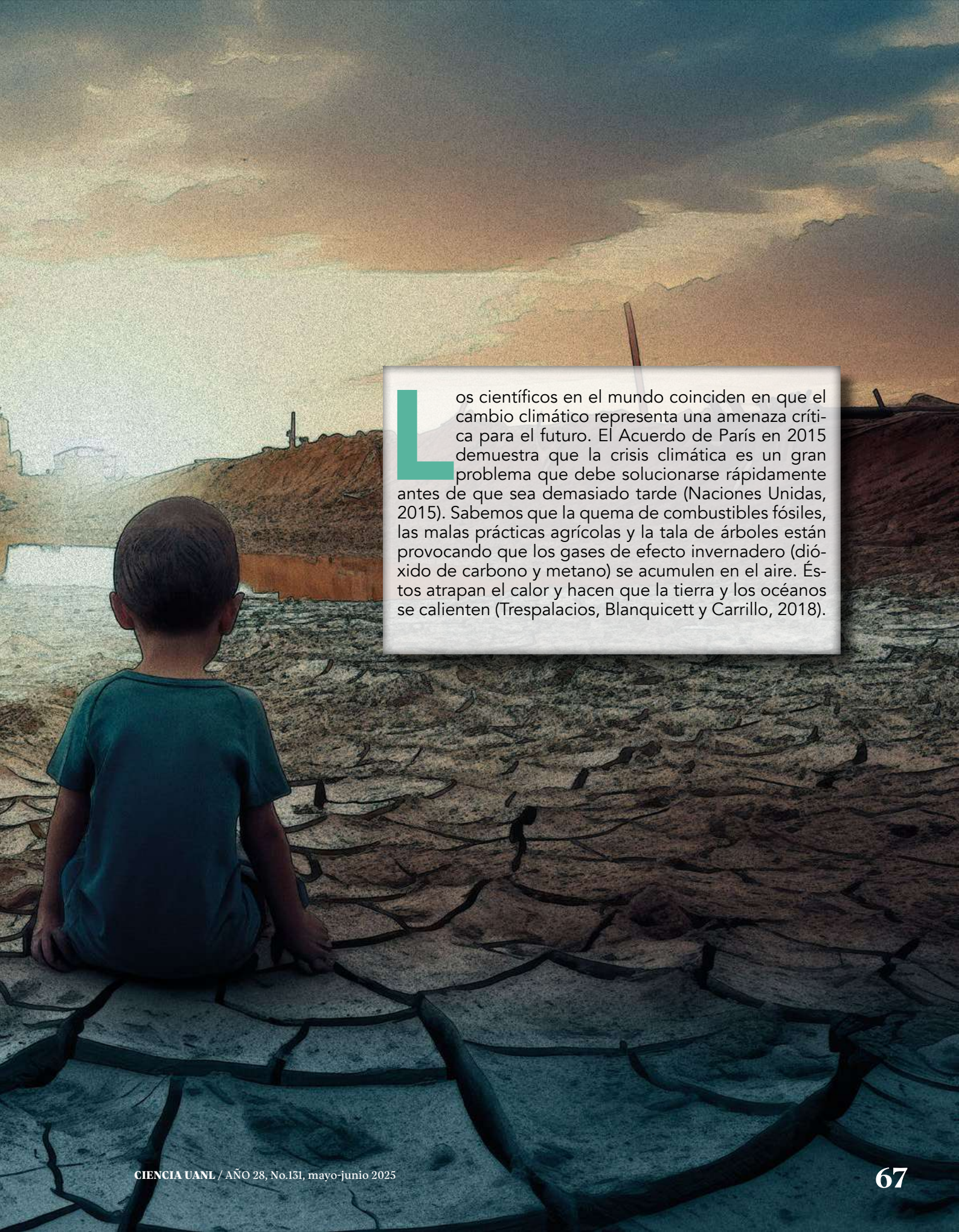
Crisis climática y sus consecuencias

Pedro César Cantú-Martínez*

ORCID: 0000-0001-8924-5343

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

Contacto: cantup@hotmail.com



Los científicos en el mundo coinciden en que el cambio climático representa una amenaza crítica para el futuro. El Acuerdo de París en 2015 demuestra que la crisis climática es un gran problema que debe solucionarse rápidamente antes de que sea demasiado tarde (Naciones Unidas, 2015). Sabemos que la quema de combustibles fósiles, las malas prácticas agrícolas y la tala de árboles están provocando que los gases de efecto invernadero (dióxido de carbono y metano) se acumulen en el aire. Éstos atrapan el calor y hacen que la tierra y los océanos se calienten (Trespalacios, Blanquicett y Carrillo, 2018).

Esto genera tormentas, inundaciones, huracanes e incendios forestales con más frecuencia y más intensos, pero también alteraciones duraderas: aumento del nivel del mar, sequías y variaciones en los ciclos de vida de plantas (Martínez y Patiño, 2012; Arteaga y Burbano, 2018) que están afectando la seguridad alimentaria, acceso al agua, la salud, la vivienda, el crecimiento de los cultivos y el entorno natural. Las causas e impactos no son justas, ya que los países con mayor desarrollo económico son responsables, y las naciones en desarrollo las afectadas. Esto significa que niños y generaciones futuras lidiarán con los peores escenarios del cambio climático.

Si no avanzamos hacia las cero emisiones y reducimos el exceso de gases de efecto invernadero en la atmósfera, enfrentaremos una grave amenaza hacia el ecosistema global y la civilización humana. El bienestar e incluso la supervivencia de las personas está en riesgo. Por tanto, en este manuscrito abordaremos la crisis climática, su impacto y las afectaciones sociales, para concluir con algunas consideraciones finales.

¿QUÉ ES LA CRISIS CLIMÁTICA?

La crisis climática se refiere a cambios sin precedentes en los patrones atmosféricos de la Tierra provocados por las actividades humanas. Éstos se deben al aumento de los gases de efecto invernadero que atrapan el calor en la atmósfera y generan un incremento de las temperaturas globales (Cantú-Martínez, 2014). Una causa principal que contribuye a ésta es el uso de hidro-

carburos para la producción de energía, transporte y procesos industriales. Esto libera grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmósfera, que se acumula y contribuye al calentamiento del planeta. La deforestación es otro factor, ya que los árboles desempeñan un papel crucial en la absorción de dióxido de carbono y la estabilización del clima. Actividades humanas como la agricultura, minería y urbanización también contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero y a la destrucción de hábitats naturales (Morte, De la Fuente y Delso, 2001).

Los impactos de la crisis climática se están sintiendo en todo el mundo, las comunidades se enfrentan a sequías, tormentas, inundaciones, olas de calor más frecuentes y graves. Tales eventos causan daños físicos y destrucción, además de traer consecuencias sociales y económicas de gran alcance: desplazamiento de poblaciones, escasez de alimentos y agua, aumento de pobreza y desigualdad social (Magaña y Neri,



2012). Asimismo, las poblaciones vulnerables, incluidas comunidades de bajos ingresos, pueblos indígenas y trabajadores de actividades primarias son afectados desproporcionadamente debido a la falta de recursos y poder político.

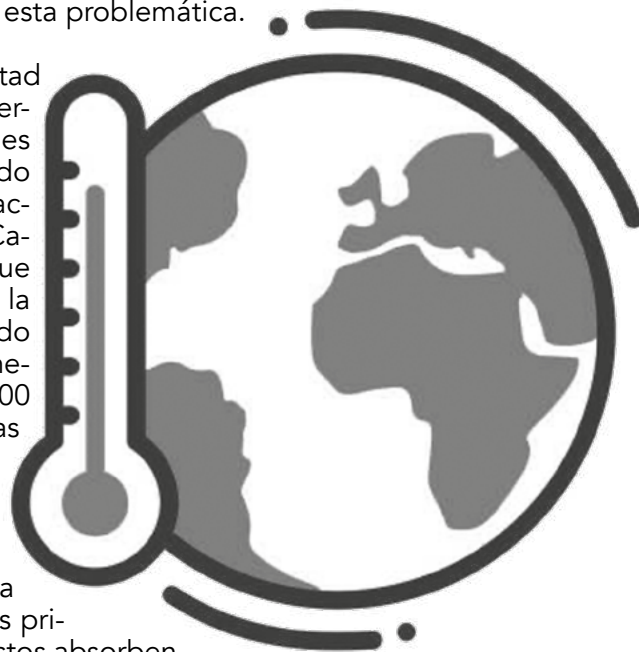
La crisis climática requiere una acción urgente y ambiciosa a nivel individual y colectivo. Esto incluye la transición a fuentes de energía renovables, mejora de la eficiencia energética, reducción de residuos, consumo, protección y restauración de bosques y ecosistemas; además de la promoción de prácticas sostenibles agrícolas, transporte y planificación urbana. También requiere que empresas y gobiernos rindan cuentas por nutrirlos, y abogar por políticas que prioricen la protección del ambiente y justicia social (Valencia, Aguirre y Ríos, 2015). Todo con un imperativo moral para salvaguardar el bienestar de las generaciones actuales y futuras.

IMPACTO DE LA CRISIS CLIMÁTICA

La crisis climática se caracteriza por el aumento de las temperaturas globales, los fenómenos meteorológicos extremos y los trastornos medioambientales sin precedentes, pero además supone una amenaza importante en el futuro de nuestro planeta (Porrúa, 2001). Comprender sus complejidades y los impactos de largo alcance es esencial para guiar esfuerzos colectivos hacia estrategias de mitigación. Por ello es importante avanzar en aspectos pluridisciplinarios, explorando sus efectos, dando seguimiento a iniciativas globales destinadas a abordar esta problemática.

Posiblemente estemos ante la dificultad más apremiante de nuestro tiempo (Hernández, 2020). El consenso científico es claro, el clima de la Tierra está cambiando a un ritmo sin precedentes debido a las actividades humanas (Molina, Sarukhán y Carabias, 2017). Entre los factores clave que impulsan la crisis climática se encuentra la quema de combustibles, que ha alcanzado cifras mundiales de 4.250 millones de toneladas métricas en 2021, superior a los 3.700 millones de toneladas métricas utilizadas al arranque del siglo XXI (Statista, 2024).

El avance urbano y crecimiento de las fronteras agropecuarias es otro contribuyente, en 2023 promovió la pérdida de 3.7 millones de hectáreas de bosques primarios (Sierra, 2024). Recordemos que éstos absorben dióxido de carbono de la atmósfera y lo almacenan en su biomasa, lo que regula el clima de manera general (Pardos, 1999). Para combatir la remoción de esta floresta, debemos proteger y restaurar los bosques, implementar prácticas sostenibles de uso de la tierra y apoyar a las comunidades indígenas ya que son los guardianes de estos ecosistemas vitales.

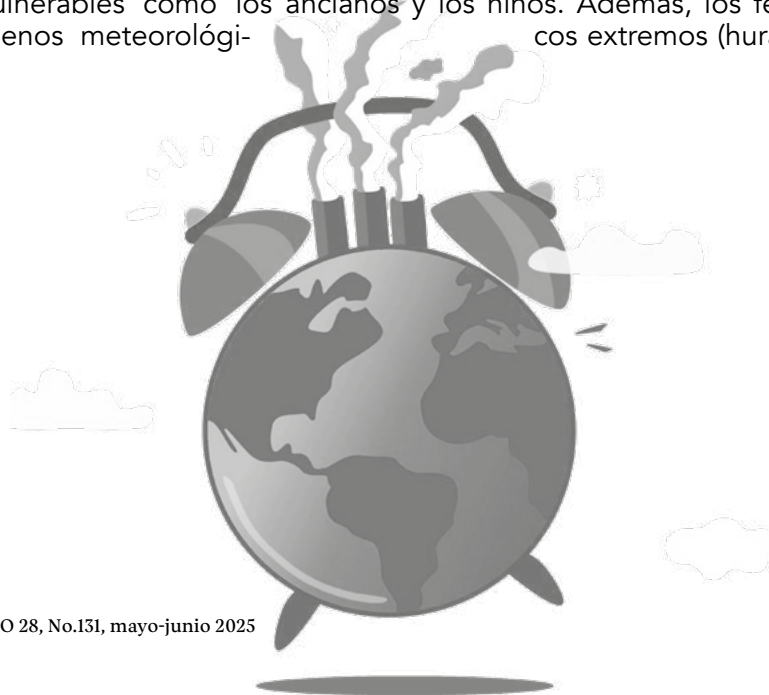


La crisis climática está en todo ámbito, particularmente en comunidades vulnerables y países en desarrollo. Donde el desplazamiento de personas, tan sólo en 2022, fue de 32.6 millones, promovido por los fenómenos meteorológicos extremos. Las sequías y hambrunas exacerban la inseguridad alimentaria, en este aspecto, 281.6 millones de personas padecieron hambre aguda en 2023, amenazando sus vidas y medios de subsistencia (Siegfried, 2023; Rua, 2024; Naciones Unidas, 2024).

Por otro lado, su progreso es más rápido que las predicciones científicas. Los récords de temperatura se están batiendo; los incendios forestales, fuera de control en todo el mundo, las sequías y escasez de recursos en el norte de África y Oriente Medio han provocado conflictos e inconvenientes de refugiados (Nelson *et al.*, 2009; García, 2018). El aumento del nivel del mar ha obligado a las poblaciones de islas a desplazarse. Un millón de especies animales y vegetales están en peligro de extinción, y a pesar de que la Tierra es sólo 1°C en promedio más cálida que antes de la Revolución Industrial, esto es demasiado tórrido para las condiciones generales del planeta (Serratos, 2021).

¿CÓMO AFECTA LA CRISIS CLIMÁTICA A LAS PERSONAS?

La crisis climática, ya caracterizada, tiene repercusiones de gran alcance en todo el mundo. Uno de los efectos más inmediatos y tangibles es su impacto en la salud física. El incremento de las temperaturas puede provocar enfermedades relacionadas con el calor: insolación, deshidratación, especialmente en poblaciones vulnerables como los ancianos y los niños. Además, los fenómenos meteorológicos extremos (huraca-



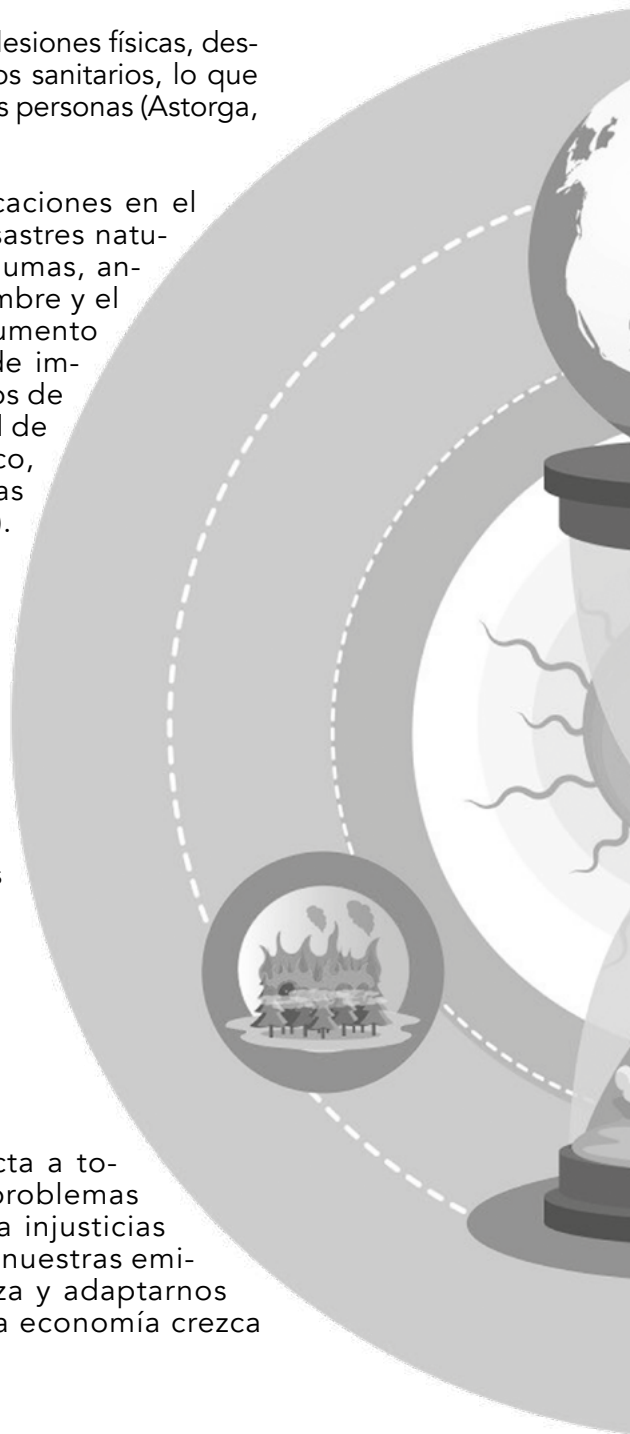
nes e incendios forestales), pueden producir lesiones físicas, desplazamientos e interrupciones de los servicios sanitarios, lo que agrava aún más los riesgos para la salud de las personas (Astorga, Sorio y Bauhoff, 2023).

Aunado a esto, tiene profundas implicaciones en el bienestar mental (Clayton, 2019). Los desastres naturales y degradación ambiental causan traumas, ansiedad y depresión. Además, la incertidumbre y el miedo asociados pueden provocar un aumento de los niveles de estrés y sentimientos de impotencia, lo que contribuye a los trastornos de salud mental y a la reducción de la calidad de vida. Desde el punto de vista económico, tiene efectos devastadores en las personas y las comunidades (Rueda y García, 2002).

En el ámbito colectivo, tensa las relaciones y exacerba las desigualdades existentes (Buendía, 2007). El desplazamiento por aumento del nivel del mar y los desastres naturales provoca aislamiento social y pérdida de los lazos comunitarios. Además, la distribución desigual de los impactos climáticos afecta de manera desproporcionada a comunidades marginadas incrementando las disparidades entre ellas.

CONSIDERACIONES FINALES

La crisis climática es un asunto que afecta a todos. Recordemos que no sólo da pie a problemas de salud y económicos, también provoca injusticias ambientales y sociales. Debemos reducir nuestras emisiones de carbono, proteger la naturaleza y adaptarnos al cambio climático. Es importante que la economía crezca



de manera que sea buena para el ambiente y justa. Tenemos que asegurarnos que a medida que trabajamos con el fin de detener esta crisis, también estemos creando empleos y mejorando la vida, esencialmente de las personas pobres de todo el mundo. Ya que se puede afirmar con seguridad que la humanidad afronta su mayor dificultad en la historia de su existencia y ésta se llama crisis climática.

REFERENCIAS

Arteaga, Luis E., Burbano, Jairo E. (2018). Efectos del cambio climático: Una mirada al Campo, *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 79-91.

Astorga, Ignacio, Sorio, Rita, y Bauhoff, Sebastian. (2023). *Salud y cambio climático: ¿cómo proteger la salud de las personas frente a la crisis climática?*, Banco Interamericano de Desarrollo.

Buendía, Mercedes P. (2007). El impacto social del cambio climático, *Panorama Social*, 5, 22-35.

Cantú Martínez, Pedro C. (2014). Cambio climático: sus repercusiones para la sustentabilidad, *CienciaUANL*, 17(67), 31-36.

Clayton, Susan. (2019). Psicología y cambio climático, *Papeles del Psicólogo*, 40(3), 167-173.

García, Adrián V. (2018). Cambio climático y seguridad alimentaria en el norte de África, *Boletín IEEE*, (10), 470-481.

Hernández, Yoleida. (2020). Cambio climático: causas y consecuencias, *Renovat: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, Tecnología e Innovación*, 4(1), 38-53.



Magaña, Víctor O., y Neri, Carolina. (2012). Cambio climático y sequías en México, *Ciencia-Academia Mexicana de Ciencias*, 63(4), 26-35.

Martínez, Polioptro F., y Patiño, Carlos. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México, *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3(1), 5-20.

Molina, Mario, Sarukhán, José, y Carabias, Julia. (2017). *El cambio climático: causas, efectos y soluciones*, Fondo de Cultura Económica.

Morte, L.M.B., De la Fuente, J., y Delso, E.D. (2001). Influencia de la mecanización agraria en el cambio climático, *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (12), 119-124.

Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París. Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático (CMNUCC)*, <https://n9.cl/5udnv>

Naciones Unidas. (2024). *El hambre se extiende en el mundo afectando al 20% de la población en 59 países*, <https://n9.cl/8avnw>

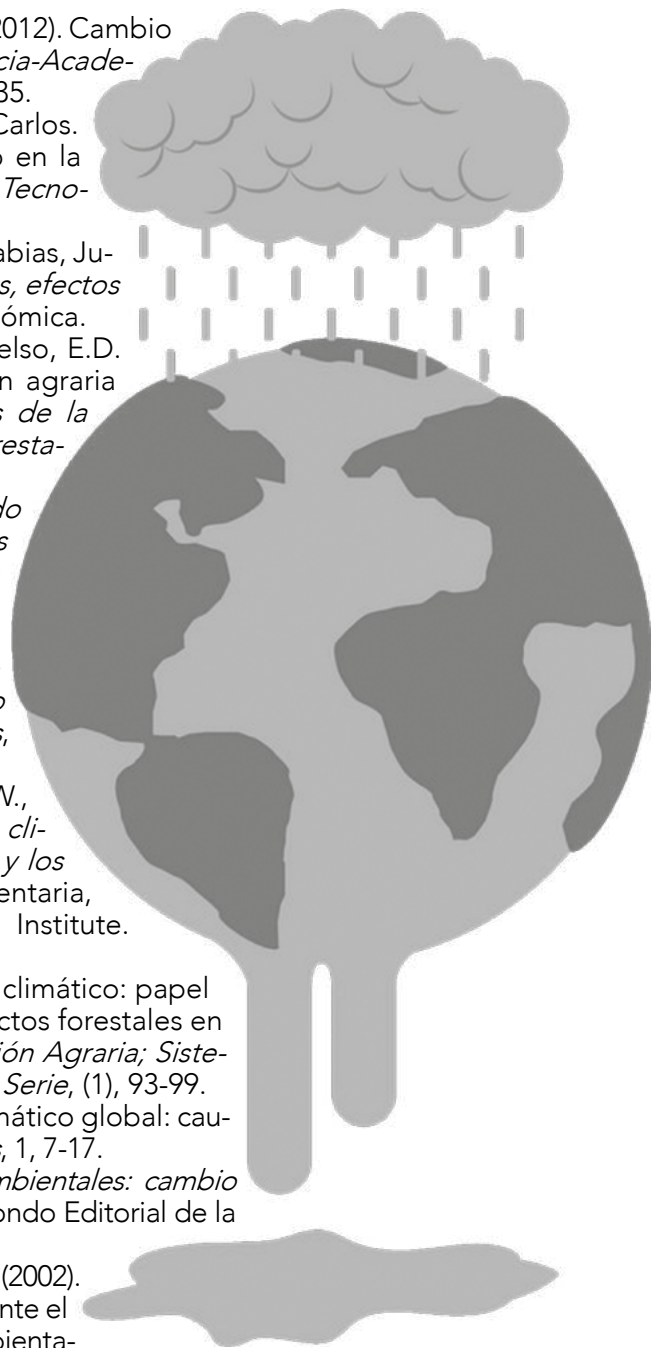
Nelson, Gerald C., Rosegrant, Mark W., Koo, Jawoo, et al. (2009). *Cambio climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*, Política Alimentaria, International Food Policy Research Institute. Washington, DC, USA.

Pardos, J. A. (1999). Ante un cambio climático: papel de los montes arbolados y los productos forestales en la retención del carbono, *Investigación Agraria; Sistema de Recursos Forestales Fuera de Serie*, (1), 93-99.

Porrúa, Manuel E. (2001). Cambio climático global: causas y consecuencias, *Rev. Inf. y Análisis*, 1, 7-17.

Rua, Teófilo A. (2024). *Refugiados ambientales: cambio climático y migración forzada*, Perú, Fondo Editorial de la PUCP.

Rueda, Víctor O. M., y García, Carlos G. (2002). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos, *Gaceta Ecológica*, (65), 7-23.



Serratos, Francisco. (2021). *El capitaloceno: una historia radical de la crisis climática*, México, UNAM.

Siegfried, Kristy. (2023). *Historias cambio climático y desplazamiento: mitos y realidades*, <https://n9.cl/b5hrv>

Sierra, Yvette. (2024). *Planeta perdió 3.7 millones de hectáreas de bosques primarios en 2023: diez campos de fútbol por minuto*, <https://es.mongabay.com/2024/04/planeta-perdio-millones-bosques-primarios-en-2023/>

Statista. (2024). *Consumo mundial de petróleo de 1970 a 2021*, <https://es.statista.com/estadisticas/635473/volumen-de-petroleo-consumido-a-nivel-global/#:~:text=El%20consumo%20mundial%20de%20petr%C3%B3leo,consumidas%20a%20principios%20de%20siglo>

Trespalacios, Javier, Blanquicett, Claudia, y Carrillo, Pablo. (2018). *Gases y efecto invernadero*. Basilea, <https://www.local2030.org/library/585/Gases-y-efecto-invernadero.pdf>

Valencia, Javier G., Aguirre, Alejandra M., y Ríos, Melissa. (2015). Desafíos de la justicia ambiental y el acceso a la justicia ambiental en el desplazamiento ambiental por efectos asociados al cambio climático, *Luna Azul*, (41), 323-347.

Descarga aquí nuestra versión digital.





COLABORADORES

Alena B. Kharissova

Maestra y doctoranda en Ciencias, con Orientación en Procesos Sustentables, en la UANL. Cuenta con las patentes método de síntesis de nanodiamantes por irradiación de microondas a baja temperatura y presión y del material de impresión 3D LUMUS™.

Arturo Mora Olivo

Doctor en Ciencias Biológicas por la UNAM. Profesor-investigador de la FIC, del IEA y curador del Herbario UAT. Sus líneas de investigación son taxonomía, ecología, etnobotánica y conservación de plantas vasculares en ecosistemas forestales terrestres y acuáticos. Líder del CAC: Ecología y conservación de ecosistemas. Miembro del SNII, nivel II.

Denise Margarita Rivera Rivera

Ingeniera en Geología Ambiental por la UAEH. Maestra en Ciencias, con especialidad en Sistemas Ambientales, por el ITESM, Campus Monterrey. Doctora en Ciencias, en Conservación del Patrimonio Paisajístico, por el IPN. Realiza estancia posdoctoral en el CIBYN-UANL. Miembro del SNII, nivel Candidata.

Deyani Nocedo Mena

Doctora en Ciencias, con Orientación en Farmacia. Cuenta con experiencia en la investigación integral de productos naturales (nivel extractos y compuestos aislados), interrelacionando varias disciplinas como química orgánica, fitoquímica, química analítica, microbiología, entre otras. Ha realizado estancias de investigación y postdoctorales. Se dedica a la aplicación de ciencias multidisciplinarias en la investigación integral de productos naturales con énfasis en salud humana y ambiental. Miembro de la Amipronat, de la SMMater y de SNII, nivel Candidata.

Efraín Neri Ramírez

Licenciado en Ingeniería Ambiental por la BUAP. Maestro en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional y doctor en Hidrociencias por el Colegio de Postgraduados. Profesor de tiempo completo en la FIC-UAT.

Erik Yoel Carreto Morales

Licenciado en geología. Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Ecología. Doctorando en Ciencias Ambientales en la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Su trabajo de doctorado consiste en evaluar el potencial de los lodos residuales como enmienda orgánica para un suelo agrícola donde se cultiva maíz.

Giovanni Hernández Flores

Doctor en Ciencias en Biotecnología Ambiental. Catedrático Secihti comisionado a la Escuela Superior de Ciencias de la Tierra de la UAGro. Su investigación principal se centra en la utilización de dispositivos bioelectroquímicos para dar tratamiento al agua residual municipal y al drenaje ácido de mina. Miembro del SNII, nivel I.

Israel Rojo Ramos

Biólogo por la UANL. Maestro en Ecología Marina y doctorando en Conservación, Fauna Silvestre y Sustentabilidad. Su experiencia incluye investigación en biología marina, especies invasoras, educación ambiental y los efectos de la urbanización sobre las aves utilizando herramientas como la ciencia ciudadana.

Jazmin Alaide López Díaz

Licenciada en Ciencias, con área terminal en Bioquímica y Biología Molecular. Maestra en Ciencias Bioquímicas. Profesora de la Escuela Superior de Ciencias de la Tierra y responsable del Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis en la UAGro. Doctoranda en Recursos

Naturales y Ecología de la UAGro. Su línea de trabajo es el tratamiento de drenaje ácido de mina usando dispositivos bioelectroquímicos y métodos fisicoquímicos y biológicos.

José Manuel Mata Balderas

Doctor en Manejo de Recursos Naturales. Profesor-investigador en la UANL. Director de la empresa Gestión Estratégica y Manejo Ambiental, S.C. Sus líneas de investigación son la restauración ecológica, impacto ambiental, evaluación de servicios ecosistémicos y manejo de recursos naturales. Participa como gestor ambiental y perito forestal en la elaboración de estudios de impacto ambiental, así como seguimiento al cumplimiento de condicionantes ambientales. Miembro del SNII, nivel I.

Juan Francisco Villarreal Chiu

Licenciado en Química Industrial y maestro en Ciencias, con orientación en Biología Molecular e Ingeniería Genética, por la UANL. PhD in Molecular Microbiology por la Queen's University Belfast, Reino Unido. Investigador en la FCQ-UANL orientado a la microbiología aplicada. Líder del CAC UANL-CA-372 "Procesos microbianos". Miembro del SNII, nivel II.

Karen Alejandra Cavada Prado

Ingeniera ambiental y en seguridad por la UAT. Maestra en Restauración Ecológica por la UANL. Ha realizado estancias académicas a nivel internacional, y de investigación a nivel nacional, con enfoque en restauración de manglares y educación ambiental. Cuenta con experiencia profesional en energías renovables. Actualmente participa en reforestaciones aplicadas a ecosistemas áridos y semiáridos con algún grado de deterioro.

Lorena Garrido Olivera

Doctora en Ciencias por la UNAM. Profesora de tiempo completo en la UAT. Ha recibido financiamiento interno y externo para desarrollar proyectos de investigación. Está ampliamente comprometida con la divulgación de la ciencia. Cuenta con perfil deseable Prodep. Miembro del SNII, nivel I.

Luis Eduardo Tamayo Ruíz

Ingeniero en Desarrollo Sustentable por la UnicaCh. Maestro y doctor en Ciencias, en Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente, por la UAT. Sus líneas de investigación son el déficit hídrico, la utilización de nanopartículas para mitigar los efectos de factores abióticos en hortalizas e injertos en la agricultura.

María Josefa Santos Corral

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 agrícolas, 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.

Mariana Martínez Castrejón

Doctora en Ciencias Ambientales, arquitecta y especialista en construcción sustentable y eficiencia energética. Catedrática del TecNM, campus Acapulco. Su línea de investigación principal es la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza bajo el enfoque de economía circular en el contexto urbano.

Martha Gabriela Aguilar Flores

Maestra en Ciencias y doctora en Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Medio Ambiente por la UAT. Sus líneas de trabajo son la botánica, taxonomía y ecología. Los aportes de investigación han sido en las leguminosas del noreste de Tamaulipas y estudios de diversidad en el matorral espinoso tamaulipeco.

Melissa Marlene Rodríguez Delgado

Química farmacéutico bióloga por la UANL. Doctora en Ciencias de la Ingeniería por ITESM, campus Monterrey. Investigadora en la FCQ-UANL desarrollando bio-

sensores para su aplicación en las ciencias ambientales. Mentora en los programas “Mujeres en la Ciencia UANL” y “Bécalas BeLead”. Pertenece al CAC UANL-CA-372 “Procesos microbiológicos”. Miembro del SNII, nivel I.

Patricio Rivera Ortiz

Ingeniero agrónomo en suelos por la UAT. Maestro en Ciencias en Edafología por el Colegio de Postgraduados. Doctor en Ciencias Agropecuarias por la UAT. Diplomado en Química Analítica Ambiental por la UNAM.

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 IINSO-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.

Sergio Manuel Salcedo Martínez

Profesor titular y encargado del Laboratorio de Algas, Hongos y Briofitas del Departamento de Botánica en la FCB-UANL. Doctor en Ciencias, con especialidad en Microbiología, por la misma universidad. Sus líneas de investigación son la taxonomía y usos potenciales de algas, hongos, briofitas y helechos. Cuenta perfil deseable Prodep.

Shadai Lugo Loredó

Doctora en Ciencias, con orientación en Química de los Materiales, por la UANL. Profesora investigadora de tiempo completo en la FCQ-UANL. Su investigación está enfocada en materiales con aplicación en energía y en sustentabilidad ambiental. Líder del cuerpo académico de ciencia y tecnología en energía sustentable. Cuenta con perfil deseable Prodep. Miembro del SNII, nivel I.

Tania Isela Sarmiento Muñoz

Maestra en Restauración Ecológica por la UANL. Socia fundadora de Biólogos y Silvicultores Forestales por el Ambiente, A.C. Sus líneas de trabajo son la agroforestería, caracterización de matorrales y actividades de restauración ecológica. Participa como gestora ambiental y procesos de calidad en la empresa Gestión Estratégica y Manejo Ambiental.

- 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 aunadas a 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 **doble 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 remitirse a la dirección de correo:
revista.ciencia@uanl.mx
o bien a la siguiente dirección:
Revista Ciencia UANL. Dirección de Investigación, Av. Manuel L. Barragán, Col. Hogares Ferrocarrileros, C.P. 64290, Monterrey, Nuevo León, México.
Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:
Tel: (5281)8329-4236. <http://www.cienciauanl.uanl.mx/>

¡SÍGUENOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES!



Instagram: @revistaciencia_uanl



Facebook: RevistaCienciaUANL



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
IMPACTO DE REVISTAS CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

