ISSN-E: 3061-841X

CIENCIAUANL

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

NOVIEMBRE - DICIEMBRE 2026

AÑO 29, NÚMERO 140



- Tecolote llanero en las praderas mexicanas
- La linterna de la biología molecular
- Del dulce típico a la generación de bioproductos
- Malezas, ¿enemigas o aliadas?

Año 29,
Número 140
noviembre - diciembre 2026

Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Mario Alberto Garza Castillo
Secretario general

Mtro. Sergio Manuel Sánchez Trejo
Abogado general

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

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director CienciaUANL

Melissa del Carmen Martínez Torres
Editora

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

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores
Diseño: Orlando Javier Izaguirre González
Corrector de inglés: Alejandro César Argueta Paz
Servicio social: Sofía Rangel Rodríguez
Roberto Esparza Alonso

Auxiliar administrativo: Samantha Jaqueline Zavala Salas
Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas
Portada: Francisco Barragán Codina
Webmaster: Mayra Silva Almanza

CienciaUANL, Año 29, Nº 140, noviembre-diciembre de 2026. Es una publicación bimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236, https://cienciauanl.uanl.mx, revista.ciencia@uanl.mx. Editora responsable: Melissa del Carmen Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102, ISSN impreso: 3061-8401, Licitud de Título y Contenido: 14914, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor; ISSN-E: 3061-841X. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Responsable de la última actualización de este número: Melissa del Carmen Martínez Torres. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 02 de noviembre de 2026, tiraje: 1,400 ejemplares. Fecha de última modificación: 02 de noviembre de 2026.

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

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

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

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2026

CienciaUANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD
Dra. Lourdes Garza Ocañas
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

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

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

CIENCIAS 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 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)

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

ÍNDICE

6 EDITORIAL

8 CIENCIA Y SOCIEDAD



Residuos como nuevas materias primas: aprovechando el suero de queso
Valeria Caltzontzin-Rabell, David Gael Zamorano-Maldonado, Carlos Eduardo Guzmán-Martínez

17 OPINIÓN



Malezas: ¿enemigas de nuestro pasado o aliadas de nuestro futuro?
Jesús Guillermo Hernández-Martínez

26 EJES



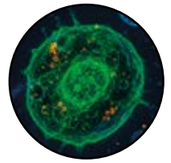
Del dulce típico a la generación de bioproductos mediante la biorrefinería del coyol
Fidel Alejandro Aguilar-Aguilar, Violeta Yasmín Mena-Cervantes, Raúl Hernández-Altamirano

34 SECCIÓN ACADÉMICA

35

Carbono almacenado en las áreas de conservación de la Universidad Autónoma de Nuevo León
José Israel Yerena-Yamallel, Luis Gerardo Cuéllar-Rodríguez, Eduardo Alanís-Rodríguez

40 CURIOSIDAD



Proteínas fluorescentes: las linternas de la biología molecular
Gustavo Jiménez-Mejía, Alan Michael Pérez-Hernández, Diana Reséndez-Pérez

48 CONCIENCIA



Vivir bajo tierra: el tecolote llanero y los secretos de las praderas mexicanas
Gabriel Ruiz-Ayma, José I. González-Rojas, Alina Olalla-Kerstupp

58 CIENCIA DE FRONTERA



Desmitificando la historia oficial, la labor del socio-historiador Mario Ramírez Rancaño
María Josefa Santos-Corral

70 SUSTENTABILIDAD



Los residuos amenazan la sustentabilidad
Pedro César Cantú-Martínez

80 COLABORADORES

La peligrosa inacción ante la catástrofe climática

Carlos Ramírez-Martínez*

*Universidad Autónoma de Nuevo León, General Escobedo, México.

Contacto: carlos.ramirezm@uanl.mx

Actualmente, el planeta enfrenta grandes desafíos ocasionados por la crisis climática y la inadecuada atención de las emergencias que provoca. De acuerdo con el *Informe Mundial sobre los Desastres 2026*, publicado por la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja (IFRC, por sus siglas en inglés), entre 2020 y 2024 las catástrofes afectaron a casi 700 millones de personas, causaron más de 105 millones de desplazamientos y cobraron alrededor de 270,000 vidas. Adicionalmente, el Informe de Evaluación Global (GAR) 2025: *La resiliencia da sus frutos: financiamiento e inversión para nuestro futuro*, menciona que los costos de los desastres superan actualmente los 2.3 billones de dólares anuales, si se consideran los efectos en cascada y los daños a los ecosistemas.

La crisis climática, en definitiva, es el mayor desafío de este tiempo, ocurre más rápido de lo que se esperaba y prácticamente ningún sitio en el planeta se encuentra a salvo. El aumento de la temperatura de la Tierra es una de las principales causas de la degradación ambiental que está originando el surgimiento de un gran número de desastres naturales y de eventos meteorológicos extremos que afectan la seguridad de la población, y en algunos casos crean situaciones de inseguridad alimentaria e hídrica.

El informe especial del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) 2019: *Sobre el océano y la criosfera en un clima cambiante*, dio a conocer que el calentamiento global continúa elevándose, provocando una inminente superación del umbral de 1.5°C, respecto a los niveles preindustriales, lo que supondrá el surgimiento de un mayor número de emergencias climáticas y desastres naturales. En ese sentido, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), es probable que el fenómeno de El Niño se intensifique durante 2026 y 2027; diversos informes indican que este nuevo episodio podría alcanzar o exceder los máximos históricos y convertirse en uno de los más intensos jamás registrados: un posible "Super El Niño" que ocasionaría grandes catástrofes ambientales y humanitarias en todo el orbe.

Otro importante factor que está desencadenando la crisis climática es la acumulación de gases efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, generados principalmente por la quema de combustibles fósiles, que continúan siendo la base del progreso y la economía mundial. También influyen los patrones de consumo excesivo, especialmente en países desarrollados y emergentes, donde el aumento de los ingresos de la población ha impulsado la adquisición de bienes suntuarios como símbolos del estatus a costa del deterioro de la naturaleza y las graves consecuencias que de esto derivan.

El secretario general de la Organización de las Naciones Unidas, António Guterres, ha mencionado que existe una preocupante falta de acción gubernamental frente a las causas y efectos de la crisis atmosférica que provoca una "desconexión histórica y peligrosa", refiriéndose al hecho de que "la ciencia y los ciudadanos reclaman acciones climáticas ambiciosas y transformadoras, mientras tanto, muchos gobiernos dan largas. Esta inacción tiene graves consecuencias".

De acuerdo con informes del IPCC y el Marco de Sendai de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo en Desastres (UNDRR, por sus siglas en inglés), "los desastres no son naturales, son el resultado directo de lo que las sociedades eligen dejar de prever o mitigar". Lo cual significa que pasar de una respuesta reactiva a una acción preventiva es el cambio de paradigma que urge adoptar si se quiere evitar que las amenazas naturales se transformen en inevitables catástrofes.

Debido a esto, es imperativo implementar los esquemas necesarios para terminar de una vez por todas con la elevada dependencia que aún tienen los sistemas de producción y el modelo económico predominante, respecto al gasto de combustibles fósiles. Dicha acción implica acelerar la transición hacia el uso de energías renovables, disminuir los actuales niveles de consumo y restaurar los ecosistemas degradados, entre otras acciones, con el propósito de frenar el agravamiento de la crisis climática.

La evidencia científica sobre la existencia de la crisis climática y sus causas es irrefutable, pero también muestra que aún es tiempo para frenar su avance. Por esto, es indispensable y urgente reconocer la gravedad del problema y participar activamente en la solución. El fracaso no es opción. La colaboración entre gobiernos, iniciativa privada, sociedad civil, en especial los jóvenes, y las universidades e institutos de investigación científica permitirá avanzar hacia la construcción de un modelo de desarrollo sustentable, que disminuya la vulnerabilidad social y ambiental y reduzca el riesgo de enfrentar futuras catástrofes.

Descarga aquí nuestra versión digital.

Residuos como nuevas materias primas: aprovechando el suero de queso

Valeria Caltzontzin-Rabell*
ORCID: 0000-0002-5739-0957

David Gael Zamorano-Maldonado*

Carlos Eduardo Guzmán-Martínez*
ORCID: 0000-0002-7534-3134

https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.140.467

* Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
Contacto: valeria.caltzontzin@uaq.mx

La generación de residuos representa uno de los principales retos ambientales en México y en el mundo, especialmente cuando estos desechos no son manejados de manera adecuada y terminan afectando cuerpos de agua y ecosistemas (Lavelli y Beccalli, 2022). En este contexto, un ejemplo conocido, pero que tiene gran impacto en el entorno, es el suero de queso, el principal subproducto de la industria láctea, del cual, a nivel global, se estima que anualmente se producen alrededor de 145 millones de toneladas, esto lo convierte en un problema ambiental significativo si no se maneja de modo correcto.

Para obtener un kilogramo de queso se requieren 10 litros de leche (figura 1), y el volumen restante se transforma en suero, el cual conserva 55% de los nutrientes de la leche. Este subproducto contiene carbohidratos (lactosa), proteínas solubles, lípidos, sales minerales, algunos ácidos (láctico y cítrico), compuestos nitrogenados y vitaminas, lo que le confiere una alta carga orgánica.



Figura 1. Esquema del proceso de producción de queso y productos que pueden obtenerse.

Debido a esta composición, el suero de queso presenta elevados valores de carga orgánica o demanda química y biológica de oxígeno (DBO y DQO), por lo que su descarga directa a los efluentes puede generar una severa contaminación (Zotta *et al.,* 2020). Por lo anterior, se requieren estrategias y procedimientos que permitan aprovechar la importancia nutricional del suero de queso, para la obtención de productos de interés, al mismo tiempo que se disminuye el impacto ambiental asociado a su disposición inadecuada (Lácteos Franz, 2024).

SUERO DE QUESO

Dentro de la producción de quesos se generan dos principales tipos de suero: *1)* uno dulce que se obtiene mediante el proceso de elaboración de quesos maduros y *2)* otro ácido, que se genera cuando se realizan quesos más suaves como el crema y el requesón. Ambos son ricos en nutrientes, sin embargo; su reincorporación en productos de valor agregado se ha inclinado más hacía el suero dulce, debido a su fácil manejo por el pH básico que posee (tabla I) (Poništ *et al.*, 2021).

Tabla I. Características y aplicaciones de suero dulce y ácido (realizada con información de Poništ *et al.*, 2021).

Tipo de suero	pH	Origen	Características	Principales aplicaciones
Suero dulce	6.2 – 6.4	Producción de quesos maduros.	Fácil manejo por pH neutro; alto contenido de lactosa y proteínas.	Suero en polvo, concentrado de proteínas, producción de ricotta, biocombustibles.
Suero ácido	4.6 – 5.0	Producción de quesos suaves.	Menor estabilidad; rico en minerales y ácidos orgánicos.	Uso limitado; principalmente como alimento animal, fertilizante o desecho.

En la industria alimenticia, una de las estrategias más utilizadas es el calentamiento y la acidificación del suero dulce para la obtención de un queso suave (requesón o ricotta). Dicho proceso provoca que las proteínas coagulen y se precipiten, con los que se obtiene un nuevo subproducto: el suero ácido, conocido como "scotta", que también contiene valores altos en nutrientes, DBO y DQO (carga orgánica) y que representa un importante contaminante ambiental debido a que su eliminación supone un gasto considerable que las empresas de la industria láctea deben costear (Maragkoudakis *et al.*, 2016).

Se estima que en la actualidad solo se aprovecha alrededor del 60% del suero de queso, mientras que el otro 40% se utiliza como alimento para animales, fertilizante o, en el peor de los casos, es eliminado sin un tratamiento previo. Si bien algunos de estos usos pueden ser adecuados si se realizan de manera controla-

da, la disposición inadecuada representa un problema ambiental relevante. Cuando el suero es desechado directamente al entorno, se convierte en uno de los subproductos de la industria láctea con un elevado potencial contaminante del agua, debido a su alto contenido de nutrientes.

Esta alta concentración favorece el consumo acelerado de oxígeno por parte de microorganismos, lo que disminuye la calidad de los cuerpos hídricos. En la mayoría de los casos, dicha problemática se ve agravada por la falta de leyes específicas o por una aplicación insuficiente de la normatividad existente para el manejo y tratamiento del suero de queso. En cuestión de suelos, el uso no controlado como fertilizante ha sido asociado con la modificación de sus propiedades fisicoquímicas, incluyendo cambios en el pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Por ejemplo, cuando un terreno recibe suero de manera constante, se reduce el rendimiento en los cultivos. Esto debido a que el suero contiene nitrógeno soluble, por lo que al estar en contacto con el suelo se genera lixiviación (o arrastre) de nitratos que posteriormente llegan a los mantos freáticos, reduciendo la producción agrícola e incrementando el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas (Ramos-Romero *et al.*, 2025).

PROPUESTAS DE APROVECHAMIENTO DEL SUERO DE QUESO

En los últimos años se ha incrementado la necesidad de desarrollar estrategias que aprovechen el suero de queso, orientadas no solo a reducir su impacto ambiental, sino también a generar productos con valor añadido, sacando partido del alto contenido nutricional del suero. En este contexto, se han explorado varias alternativas tecnológicas entre las que sobresalen los procesos biotecnológicos por su bajo costo relativo y enfoque sostenible.

Fotografía: Luis Venecia.

En la tabla II se muestran diversas estrategias de biotransformación que han sido propuestas para el suero de queso, todas con resultados exitosos. Entre las más destacadas se encuentra la fermentación, que no solo favorece la preservación de los alimentos al aumentar su vida de anaquel, sino que también contribuye a mejorar características sensoriales: sabor, aroma y textura. Además, este proceso puede incrementar el valor nutricional del producto final mientras que promueve el crecimiento de microorganismos que benefician la salud intestinal: probióticos y prebióticos (Robledo-Márquez *et al.*, 2021). Otras opciones interesantes son la generación de ácidos orgánicos, biocombustibles y biopolímeros. Estos ejemplos resaltan la versatilidad del residuo como sustrato biotecnológico y su potencial al generar productos con aplicaciones en la industria alimentaria, energética y ambiental.

Tabla II. Diferentes productos obtenidos a partir del suero de queso y sus beneficios.

Técnica/proceso	Producto obtenido	Beneficios	Referencias
Acidificación y calentamiento	Queso ricotta o requesón	Recuperación de proteínas y valor agregado al producto.	Maragkoudakis *et al.*, 2016
Fermentación con bacterias ácido lácticas (BAL)	Bebidas probióticas	Mejora de la salud intestinal, vida de anaquel y propiedades sensoriales.	Velázquez-López *et al.*, 2018
Fermentación con levaduras	Suplementos animales probióticos	Resistencia a condiciones gastrointestinales, apoyo al sistema inmune.	López Barreto *et al.*, 2021
Recubrimientos comestibles con BAL	Pan y productos de panificación	Bioconservación, efecto antimicrobiano frente a mohos.	Hernández-Carranza, *et al.*, 2023
Fermentación de suero dulce	Bebida fermentada	Efecto antioxidante, mitiga estrés oxidativo, mejora el rendimiento físico.	Gomes *et al.*, 2021
Fermentación de alimento	Alimentos para aves y cerdos	Mejor salud intestinal, crecimiento y rendimiento productivo	Wang *et al.*, 2021; Lv *et al.*, en 2019cc
Fermentación de alimento	Alimento para peces	Eficiencia nutricional, reduce costos de alimentación y niveles de contaminación.	Dawood y Koshio (2020)

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el aprovechamiento de suero de queso a través de procesos biotecnológicos, sobre todo la fermentación, representa una alternativa para la industria alimentaria, la salud humana y animal. Se confirma que, si bien es un residuo de manejo especial, se puede biotransformar en una materia prima con la cual desarrollar productos funcionales y probióticos con aplicaciones en nutrición animal al mismo tiempo que disminuye su impacto ambiental.

Es importante considerar que, a pesar de que actualmente existen tecnologías y estrategias viables para el aprovechamiento del suero, su implementación a gran escala sigue siendo limitada. Esto se debe principalmente a varios factores: costos iniciales de inversión, el desconocimiento técnico y la ausencia de políticas públicas que incentiven su valorización, especialmente en pequeñas y medianas unidades productivas. Como resultado, muchas de estas tecnologías se quedan en el ámbito académico, sin generar aún un impacto directo en nuestra vida diaria.

CONCLUSIONES

El suero de queso, más que un residuo, es una materia prima rica en nutrientes con gran potencial para la generación de productos de valor agregado. Sin embargo, cuando no se maneja adecuadamente, puede propiciar un impacto ambiental importante, lo que hace indispensable el desarrollo de estrategias de aprovechamiento sustentable.

Su utilización favorece directamente la economía circular, al transformar un residuo con alto potencial contaminante en una materia prima con la cual crear nuevos procesos productivos. Además, representa también una oportunidad de reducir la contaminación, impulsar el desarrollo tecnológico y contribuir a la seguridad alimentaria nutricional, con beneficios directos hacia productores y pequeñas industrias lácteas, consumidores interesados en suministros funcionales y amigables con el ambiente, así como para el sector académico y diseño de políticas públicas ambientales y alimentarias.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Querétaro por el apoyo otorgado en la convocatoria Fonfive 2024.

REFERENCIAS

Dawood, Mahmoud A.O., Koshio, Shunsuke. (2020). Application of fermentation strategy in aquafeed for sustainable aquaculture, *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 987-1002, https://doi.org/10.1111/raq.12368
Gomes, Leonardo R.R., Moraes, Flávia de S.A., Evangelista, Letícia M., Garioli, *et al.* (2021). Fermented soybean beverage improves performance and attenuates anaerobic exercise oxidative stress in Wistar rat skeletal muscle, *PharmaNutrition*, 16, 100262, https://doi.org/10.1016/j.phanu.2021.100262
López Barreto, Ricardo E., Becerra Jiménez, Mónica L., Balaguera López, Helber E., *et al.* (2021). Aislamiento, identificación y evaluación de levaduras con potencial probiótico *in vitro* provenientes del suero de queso Paipa, *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1833
Hernández-Carranza, P., Fierro-Corona, G., Tapia-Maruri, D. *et al.* (2023). Bioactive Edible Films Based on LAB-Fermented Whey Solution and Potato Starch: Characterization and Storage Behavior, *Food Bioprocess Technol*, 16, 3045-3056, https://doi.org/10.1007/s11947-023-03115-z
Lácteos Franz. (2024, 18 de diciembre). *Grado de contaminación del suero lácteo*, https://lacteosfranz.org/grado-de-contaminacion-del-suero-lacteo/
Lavelli, Vera, Beccalli, Matteo P. (2022). Cheese whey recycling in the perspective of the circular economy: Modeling processes and the supply chain to design the involvement of the small and medium enterprises, *Trends In Food Science & Technology*, 126, 86-98, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.06.013
Lv, Jing, Guo, Lijuan, Chen, Binxu, *et al.* (2022). Effects of different probiotic fermented feeds on production performance and intestinal health of laying hens, *Poultry Science*, 101(2), 101570, https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101570
Maragkoudakis, Petros, Vendramin, Veronica, Bovo, Barbara, *et al.* (2016b). Potential use of scotta, the by-product of the ricotta cheese manufacturing process, for the production of fermented drinks, *Journal of Dairy Research*, 83(1), 104-108, https://doi.org/10.1017/S002202991500059X
Poništ, Juraj, Dubšíková, Veronika, Schwarz, Marián, *et al.* (2021). Methods of processing whey waste from dairies. A review, *Environment Protection Engineering*, 47(4), https://doi.org/10.37190/epe210405
Ramos-Romero, Steven, Gavilanes-Terán, Irene, Idrovo-Novillo, Julio, *et al.* (2025). Cheese Whey Characterization for Co-Composting with Solid Organic Wastes and the Agronomic Value of the Compost Obtained, *Agriculture*, 15(5), 513, https://doi.org/10.3390/agriculture15050513
Robledo-Márquez, K., Ramírez, V., González-Córdova, A. F., *et al.* (2021). Research opportunities: Traditional fermented beverages in Mexico. Cultural, microbiological, chemical, and functional aspects, *Food Research International*, 147, 110482, https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110482
Velázquez-López, Arturo, Covatzin-Jirón, David, Toledo-Meza, María D., *et al.* (2018). Bebida fermentada elaborada con bacterias ácido lácticas aisladas del pozol tradicional chiapaneco, *CienciaUAT*, 13(1), 165-178, https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i1.871
Wang, Cheng, Wei, Siyu, Xu, Bocheng, *et al.* (2021). *Bacillus subtilis* and *Enterococcus faecium* co-fermented feed regulates lactating sow's performance, immune status and gut microbiota, *Microbial Biotechnology*, 14(2), 614-627, https://doi.org/10.1111/1751-7915.13672
Zotta, Teresa, Solieri, Lisa, Iacumin, Lucilla, *et al.* (2020). Valorization of cheese whey using microbial fermentations, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(7), 2749-2764, https://doi.org/10.1007/s00253-020-10408-2

Recibido: 10/10/2025
Aceptado: 17/02/2026

Descarga aquí nuestra versión digital.

Residuos como nuevas materias primas: aprovechando el suero de queso

Waste as new raw materials: harnessing cheese whey

RESUMEN

El suero de queso es el principal subproducto de la industria láctea y contiene hasta 55% de los nutrientes de la leche. Debido a su composición rica en lactosa, ácido láctico y proteínas, este residuo tiene una alta demanda química (DQO) y bioquímica de oxígeno (DBO). Por lo anterior, un manejo inadecuado genera un impacto ambiental negativo. Se han propuesto diversos procesos para su tratamiento, entre los cuales resalta la fermentación, ya que se pueden obtener alimentos funcionales, probióticos y hasta suplementos. En este sentido, lo que se considera como un residuo problemático puede convertirse en una materia prima valiosa para diversas industrias mientras se contribuye a la sostenibilidad.

Palabras clave: residuos orgánicos, biotransformación, economía circular, suero de queso, fermentación.

ABSTRACT

Cheese whey is the main by-product of the dairy industry and contains up to 55% of the nutrients found in milk. Due to its composition rich in lactose, lactic acid, and proteins, this residue exhibits high chemical oxygen demand (COD) and biochemical oxygen demand (BOD). Therefore, improper management has a negative environmental impact. Various processes have been proposed for its treatment, among which fermentation stands out as it can be used to obtain functional foods, probiotics, and even supplements. In this sense, what is considered problematic waste can become a valuable raw material for various industries while contributing to sustainability.

Keywords: organic waste, biotransformation, circular economy, cheese whey, fermentation.

Opinión

Malezas: ¿enemigas de nuestro pasado o aliadas de nuestro futuro?

Jesús Guillermo Hernández-Martínez*
ORCID 0009-0009-9142-6077

https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.140.472

*** Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Ciudad Victoria, México.**
Contacto: Jmemoh89@outlook.com

HUMANOS Y PLANTAS, UNA RELACIÓN MILENARIA

A lo largo de la historia, las civilizaciones aprendieron a elegir, mediante prueba y error, los alimentos para su consumo. Ya fueran estos de origen animal, vegetal o mineral, la selección se basaba en la experiencia directa: si algo sabía bien y no causaba daño, se consideraba apto.

El humano ha mantenido, y mantiene, una relación estrecha y diversa con las plantas. Descubrió que no todas eran apropiadas para el consumo, pero supo asignarles distintos usos: construcción de viviendas, confección de ropa, elaboración de medicamentos, uso en rituales e incluso entretenimiento. Por otro lado, aquellas plantas que provocaban malestar, intoxicación o simplemente tenían un sabor desagradable fueron descartadas por inútiles. Así, con el tiempo, el hombre comenzó a clasificarlas en dos grandes grupos: las que servían para algo… y las que no (Guzmán y Martínez-Ovalle, 2019), sentando las bases de una visión funcional del paisaje florístico: lo que era útil y lo que estorbaba.

ALIADAS DEL AMBIENTE, ENEMIGAS DEL HOMBRE

Antes del surgimiento de la agricultura como medio de subsistencia, no existían las malezas; el paisaje mantenía un equilibrio ecológico (Gómez-Gómez, 2024). Sin embargo, algunas prácticas, por ejemplo, la tala de árboles para la construcción de viviendas, la quema o remoción de la vegetación original por efecto de algún desastre —natural o provocado—, y la perturbación del suelo destinado a criar animales u otra actividad, rompieron ese equilibrio. Estas acciones, ejercidas de forma constante, impedían que la flora nativa se recuperara por completo y con rapidez, lo que permitía que ciertas especies —por lo general, las más resistentes y oportunistas— dominaran el espacio y cubrieran el suelo de forma natural, brindando un servicio ambiental al prevenir la erosión y retener la humedad (Florio de Real, 2013; Gómez-Gómez, 2024), pero que, a su vez, representarían uno de los mayores enemigos del hombre y sus cultivos.

Con el nacimiento de la agricultura, hace aproximadamente 10,000 años (Krapovickas, 2010), una práctica común fue, y sigue siendo, eliminar este tipo de plantas que, aunque importantes en la naturaleza, son consideradas de poca o nula relevancia dentro de los espacios de producción (Florio de Real, 2013). El objetivo siempre ha sido claro: permitir que las especies deseadas por el hombre crezcan sin competir por terreno, luz o nutrimentos con este tipo de vegetación indeseable (Lozano-Contreras, 2024), o por lo menos, que esta última no entorpeciera las labores agrícolas.

¿PERO QUÉ SON LAS MALEZAS?

Es debido a dicha interacción humano-vegetal que, a lo largo del tiempo y hasta nuestros días, toda planta no deseada en las zonas de cultivo se combate con herramientas, técnicas de labranza o métodos de control y se le asigna un estatus negativo: intrusas, invasoras, indeseables, malas. Nace así el concepto de "maleza", el cual proviene del latín *malitia*, que significa "maldad" o "malo" para el ser humano (Florio de Real, 2013). Lo anterior engloba a todas aquellas plantas que crecen donde no se les quiere y a las que no se les reconoce ningún valor… al menos desde la perspectiva humana (figura 1).



Figura 1. Las malezas causan afectaciones a nivel agrícola: *a*) malezas compitiendo con una planta en un huerto de naranjo (*Citrus x sinensis*); *b*) zacate borla (*Chloris ciliata*) asociado con otras gramíneas, obstruyendo un canal de riego. Las malezas no sólo generan un impacto agrícola, también urbano: *c*) pasto obstruyendo el desagüe pluvial urbano. *d*) Diversidad de especies gramíneas que impiden el flujo adecuado de excedentes urbanos (imágenes: Jesús Guillermo Hernández Martínez).

De ahí surge una serie de nombres: monte, mal monte, hierbas, malas hierbas, arvenses, especies espontáneas, entre otras denominaciones (Guzmán y Martínez-Ovalle, 2019). Sin embargo, hay autores que las consideran recursos genéticos subutilizados o a los que no se les ha encontrado un uso adecuado, dada la poca o nula investigación en su entorno (Guzmán y Martínez-Ovalle, 2019). Aunque en la actualidad existen estudios que comprueban que algunas de ellas pueden utilizarse en beneficio del hombre.

DE ENEMIGAS A ALIADAS: NUEVAS PERSPECTIVAS SOBRE LAS MALEZAS

En los últimos años, corrientes científicas como la agricultura de conservación, el cuidado del medioambiente y el estudio de los recursos fitogenéticos (Harker y O'Donovan, 2013) han impulsado investigaciones con la finalidad de encontrar usos nuevos en aquellas especies de plantas consideradas inútiles.

Aunque no todas las variedades vegetales se destinan directamente a la alimentación humana, muchas de ellas han demostrado tener propiedades muy valiosas. Tal es el caso de *Cyperus rotundus*, conocido con diversos nombres: coquillo, coquito, cebollín, entre otros. Por un lado, el género al que pertenece (*Cyperaceae*) incluye malezas de importancia comercial en México y el mundo, a tal grado que se le ha considerado la "peor maleza del planeta" (López-Martínez, 2013), debido a su resiliencia, capacidad de competencia con los cultivos y provocar pérdidas superiores al 70 % en sembradíos de caña de azúcar. Pero, por otro lado, posee propiedades fitorremediadoras, útiles en la restauración de suelos contaminados con metales pesados como plomo, cobre y cromo (Lozano-Contreras *et al.*, 2024), y alelopáticas (Martínez *et al.* 2019) con capacidad bioherbicida para el control de otras malezas, brindándole un potencial de utilidad al prestar un servicio ecosistémico y agroecológico.

Siguiendo esta idea, se han descubierto plantas como tomate silvestre o nativo (*Solanum lycopersicum* var. *Ceraciforme*), un pariente del tomate convencional, el cual es considerado maleza en muchos sistemas de producción (Carrillo-Rodríguez *et al.*, 2023), aunque diversos estudios han resaltado las características por las que puede ser utilizado en forma directa como alimento, ya que sus frutos poseen vitaminas y carotenoides, por ejemplo, el licopeno (Waliszewski y Blasco, 2010), sustancia benéfica para la salud humana.

El listado de especies continúa con el polocote (*Helianthus annuus*), maleza de mayor importancia en la zona norte de Tamaulipas, y que, en conjunto con otras, reduce hasta 50% el rendimiento de sorgo (Valdez *et al.*, 2024). En cambio, se ha determinado que posee propiedades alelopáticas, con las cuales se podría disminuir el uso de herbicidas de origen sintético (Razzaq *et al.*, 2012).

Estos ejemplos son insignificantes, tomando en cuenta la existencia de más de 8,000 especies de plantas consideradas malezas en todo el orbe, hay un abanico amplio de posibilidades de encontrar recursos disponibles para el bienestar humano y el mundo en general. Además, muchas de estas prestan servicios ecosistémicos, como la retención de humedad y de carbono, disminución de la erosión del terreno, reciclaje de nutrimentos al ser incorporadas durante el manejo del suelo, el aprovechamiento de metabolitos que poseen y las sustancias que pueden usarse en bien de la salud humana, entre muchos otros usos.

De igual manera, ciertas variedades de malezas son hospederas de insectos benéficos, favoreciendo el control de plagas en plantaciones de importancia comercial. Por lo anterior, es fundamental evaluar cada especie en particular, para determinar si representa una amenaza o una oportunidad. Sólo así se podrá decidir si se debe combatir… o aprovechar (Lozano-Contreras, 2024).

ALIMENTAR AL FUTURO: EL RETO QUE LAS MALEZAS PODRÍAN AYUDARNOS A SUPERAR

Actualmente, más de 7,500 millones de personas habitan el planeta. Según proyecciones de la ONU (2025), para 2050 seremos más de 9,500 millones, y a finales del siglo XXI podríamos superar la cifra de 10,500 millones. Tal crecimiento demográfico implica que la producción de alimentos deberá aumentar hasta 70% si se desea satisfacer la demanda de una población que habitará en zonas urbanas particularmente (FAO, 2025). Ante este desafío, es urgente explorar otras fuentes de alimento. De las casi 400,000 especies de plantas en el mundo, solo el 1.2% (ca. 5,000) tiene algún registro de uso comestible, y apenas 100 de estas sustentan la ingesta global. Esto sugiere que muchas especies consideradas malezas podrían enriquecer la dieta humana al presentar una alternativa de provisión de proteínas, vitaminas y compuestos bioactivos, por lo que se requiere su caracterización e investigación si se pretende encontrar nuevas fuentes de alimento.

Cada cultivo comercial es producto de la domesticación y ha continuado su optimización a partir de un pariente silvestre, que a su vez pudo haber sido considerado una maleza. Casos como el del tomate (*Solanum lycopersicum L.*), que se creyó tóxico en Europa durante siglos (Towell, 2001), o el del maíz (*Zea mays*), que desde su origen, el teocintle (*Zea perennis*), ha estado sometido a mejoramiento durante un sinfín de generaciones, y que actualmente están presentes en muchas cocinas del mundo, siendo base de la gastronomía mexicana y de otros países, invitan a pensar que, dentro del amplio reservorio de plantas consideradas malezas, existen especies con alto potencial genético que puede ser aprovechado en el mejoramiento de las variedades de uso comercial o, a su vez, directamente en la alimentación humana, en beneficio futuro del ser humano y sus comunidades; tal como ha sucedido desde el principio de los tiempos.

CONCLUSIONES

El hombre ha tenido una relación estrecha con las plantas desde tiempos inmemoriales. Con el inicio de la agricultura, también nació el concepto de maleza. Dichas especies no son más que la respuesta natural de un ecosistema a la perturbación que hemos generado, una estrategia silenciosa de la tierra para protegerse y regenerarse. Aunque el término suele implicar inutilidad o prejuicio, muchas plantas bajo esta consignación han demostrado tener cualidades ecológicas, ornamentales, medicinales o gastronómicas que pueden ser aprovechadas en beneficio de nuestras comunidades. Reconocer este potencial permite replantear estrategias de manejo más sostenibles y científicamente fundamentadas. En un mundo con demanda alimentaria creciente, las malezas podrían dejar de ser vistas como enemigas y convertirse en parte de la respuesta que tanto se busca.

REFERENCIAS

Carrillo-Rodríguez, José C., Sosa-Hernández, Noel, Vera-Guzmán, Araceli M., *et al.* (2023). Diversidad biocultural de tomate nativo en Oaxaca, México, *Desde El Herbario CICY*, 15, 18-23.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2025). *Como alimentar al mundo en 2050*, https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis_papers/C%C3%B3mo_alimentar_al_mundo_en_2050.pdf

Florio de Real, Sunshine. (2013). Estudio de la biología de las malezas, *Revista Vinculando*, 11(2), https://vinculando.org/wp-content/uploads/kalins-pdf/singles/estudio-de-la-biologia-de-las-malezas.pdf

Gómez-Gómez, Robin. (2024). Weeds or segetal vegetation? A concept proposal for their agroecological management, Agronomía Mesoamericana, 35(1), https://doi.org/10.15517/am.2024.56900

Guzmán, Mauricio, Martínez-Ovalle, Manuel J. (2019). Las malezas, plantas incomprendidas, *Ciencia, Tecnología y Salud*, 6(1), 68-76, https://doi.org/10.36829/63CTS.v6i1.485

Harker, Kennet N., O'Donovan, Jason. (2013). Recent weed control, weed management, and integrated weed management, *Weed Technology*, 27(1), 1-11, https://doi.org/10.1614/WT-D-12-001091

Krapovickas, Antonio. (2010). La domesticación y el origen de la agricultura, *Bonplandia*, 19(2), 193-199, https://www.redalyc.org/pdf/6857/685776027002.pdf

López-Martínez, Sugey. (2013). Cyperáceas: ¿plantas mágicas o malezas invasoras? *Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México*, 2(11), 18-21, https://pcti.mx/wp-content/uploads/2020/12/PCTI-109-Cyperaceas-plantas-magicas-o-malezas-invasoras.pdf

Lozano-Contreras, Mónica G., Avilés-Baeza, Wilson, Ramírez-Jaramillo, Genovevo, *et al.* (2024). Coquillo (*Cyperus rotundus*): enemigo o superviviente, *Desde El Herbario CICY*, 16, 207-211, https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2024/2024-10-03-GLozano-Coquillo-Cyperus-rotundus.pdf

Martínez, María del R., Hernández-Hernández, Victoria, Guzmán-Mendoza, Rafael, *et al*. (2019). Efecto alelopático de *Cyperus rotundus* L. (*Cyperaceae*) sobre plantas arvenses, *Jóvenes en la Ciencia*, 6.
Organización de las Naciones Unidas. (2025). *Cambios demográficos*, Naciones Unidas, https://www.un.org/es/un75/shifting-demographics
Razzaq, Abdul, Cheema, Zahid, Jabran, Khawar, *et al.* (2012). Reduced herbicide doses used together with allelopathic sorghum and sunflower water extracts for weed control in wheat, *Journal of Plant Protection Research*, 52(2), 281-285, https://doi.org/10.2478/v10045-012-0045-0
Towell, Janet L. (2001). Una semblanza de las *Solanaceae, Etnobiología*, 1(1), 17-23, https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/10
Valdez, Miguel Á., Rosales, Eladio, Espinosa, Martín, *et al*. (2024). Bioensayo de efectividad biológica de herbicidas sobre la maleza polocote (*Helianthus annuus)*, *Mesa Directiva 2023-2025*, 120-124.
Waliszewski, Krzysztof N., Blasco, Gabriela. (2010). Propiedades nutracéuticas del licopeno, *Salud Pública de México*, 52(3), 254-265, https://doi.org/10.21149/spm.v52i3.6844

Recibido: 17/09/2025
Aceptado: 24/11/2025

Descarga aquí nuestra versión digital.

Malezas: ¿enemigas de nuestro pasado o aliadas de nuestro futuro?

RESUMEN

El ser humano y las malezas han coexistido desde tiempos remotos, casi siempre en conflicto. Aunque tradicionalmente han sido vistas como enemigas en la agricultura, estas plantas merecen ser estudiadas con mayor detenimiento con el objetivo de descubrir los beneficios que podrían ofrecer frente a los desafíos actuales y futuros. Este artículo muestra un análisis sobre los aspectos positivos y negativos consignados hacia las malezas, pero se destaca el potencial que presentan para contribuir al bienestar humano. La intención es invitar al lector a reconsiderar su valor y explorar nuevas formas de aprovecharlas en beneficio de una población creciente, y resolver parte de las necesidades futuras relacionadas con la producción de alimentos.

Palabras clave: seguridad alimentaria, recursos fitogenéticos, *Datura stramonium, Cyperus Rotundus, Helianthus annuus.*

Weeds: enemies of our past or allies of our future?

ABSTRACT

Humans and weeds have coexisted since ancient times, almost always in conflict. Although traditionally seen as enemies in agriculture, these plants deserve to be studied more closely to discover the benefits they could offer in the face of current and future challenges. This article presents an analysis of the positive and negative aspects associated with weeds, but it highlights the potential they have to contribute to human well-being. The intention is to invite the reader to reconsider their value and explore new ways to make use of them for the benefit of a growing population and to address some of the future needs related to food production.

Keywords: food security, plant genetic resources, Datura stramonium, Cyperus rotundus, Helianthus annuus.

Del dulce típico a la generación de bioproductos mediante la biorrefinería del coyol

Fidel Alejandro Aguilar-Aguilar* | **Violeta Yasmín Mena-Cervantes*** | **Raúl Hernández-Altamirano***

En Chiapas, el fruto de coyol, también llamado cocuyol o colconave, forma parte de la tradición de muchas familias. El dulce de coyol, preparado con piloncillo o panela, es típico de la región y en los mercados se reconoce por su forma característica y su tono café oscuro (figura 1). Al morderlo, aparece una sensación pegajosa y "peludita", con diminutos hilos que se adhieren a los dientes y que, a decir de muchos forman parte de su encanto. Después de comer el dulce, viene el reto del "coquito" (la semilla), que debe romperse para acceder a una almendra de sabor parecido al coco. En algunos casos basta una piedra y, en versiones más modernas, se utiliza un martillo.

En varias localidades, cuando la palma alcanza la madurez, también se obtiene la taberna, una bebida que se produce al dejar fermentar el jugo extraído del tronco y que muchos consideran un elixir reservado a quienes han tenido la oportunidad de probarlo (figura 1) (Balick, 1989; Tawas Penagos, 2022). Si bien el fruto del coyol está presente en la vida cotidiana de diversas regiones de México, principalmente en forma de dulces típicos, la elaboración de taberna se ha documentado de manera más clara y frecuente en zonas específicas de Chiapas, donde esta práctica forma parte del conocimiento local y de la herencia cultural arraigadas. A pesar de dicho uso tradicional, el coyol sigue siendo poco conocido como recurso productivo. Su robustez y su capacidad para crecer en suelos pobres y climas cálidos lo colocan hoy en la mira de la bioeconomía, especialmente en Sudamérica, donde se impulsa su aprovechamiento integral.

https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.140.479

*** Instituto Politécnico Nacional/Laboratorio Nacional de Desarrollo y Aseguramiento de la Calidad en Biocombustibles, Ciudad de México, México**
Contacto: falexaguilar@gmail.com, vmenac@ipn.mx, rhaltamirano@gmail.com

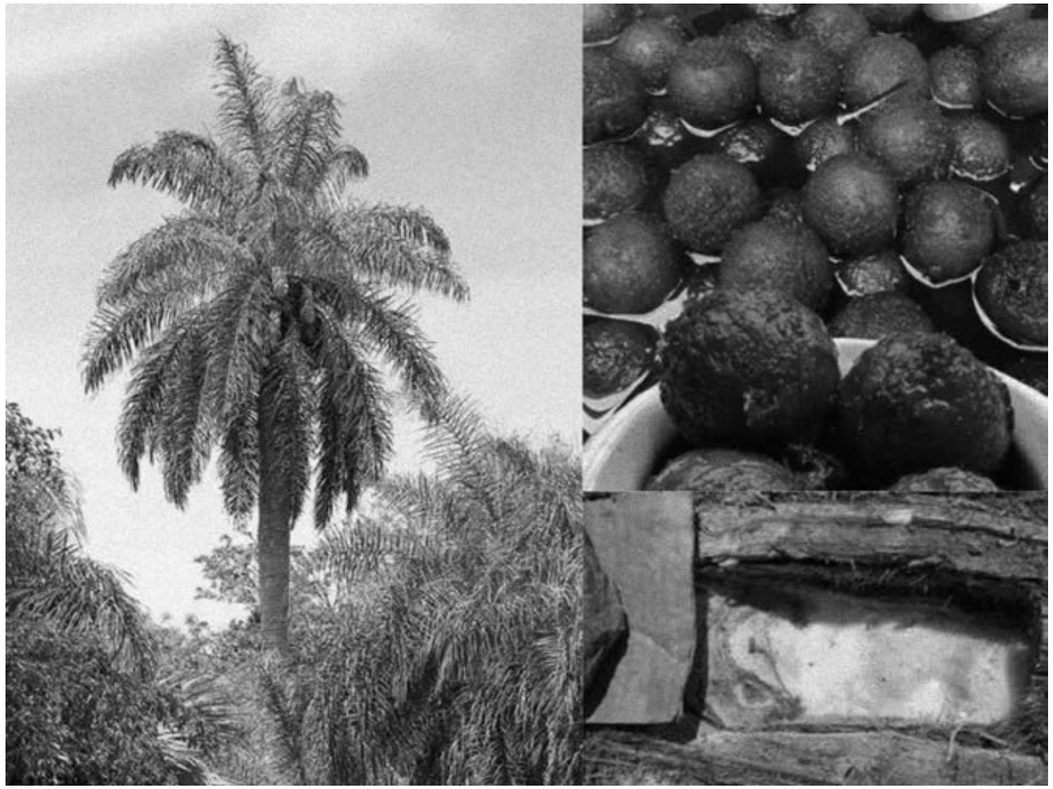


Figura 1. Los principales productos de la palma de coyol: la taberna y el dulce de coyol (fuente: elaboración propia).

En este contexto surge una pregunta central: ¿puede un fruto típico convertirse en un motor de desarrollo local? A partir de ello, el presente artículo explora el potencial del coyol desde una perspectiva de biorrefinería, uniendo conocimiento tradicional y enfoques científicos actuales, con el objetivo de mostrar rutas viables para su aprovechamiento en comunidades rurales de México.

BOTÁNICA DE LA PALMA DE COYOL

El coyol (*Acrocomia aculeata*) es una palma robusta y espinosa, característica de zonas tropicales y subhúmedas de México, Centroamérica y Sudamérica. Su tronco cilíndrico en ocasiones supera los 10 metros de altura y está cubierto por anillos de espinas negras, un rasgo distintivo que facilita su identificación incluso a distancia. Sus hojas pinnadas, que pueden alcanzar hasta tres metros de longitud, se arquean hacia los lados y presentan espinas en el raquis, lo que contribuye a la protección de la planta frente a herbívoros (figura 2) (de Lima *et al.*, 2018a; Montoya *et al.*, 2016).

En la parte superior del tallo se desarrollan inflorescencias colgantes, de las cuales surgen racimos que contienen decenas de frutos esféricos, con diámetros aproximados de 3 a 4 cm. Estos, al madurar, adquieren un color amarillo intenso y un aroma dulce característico (figura 2). Cada uno está compuesto por una cáscara dura y leñosa, que protege una pulpa carnosa, y en su interior una semilla u almendra rica en aceites (Plath *et al.*, 2016).

El coyol crece de forma silvestre en suelos bien drenados y muestra tolerancia a periodos de sequía moderada. En México se distribuye desde Veracruz y la Península de Yucatán hasta regiones del sureste, como Chiapas. Su larga vida útil y su capacidad para desarrollarse en terrenos de baja fertilidad lo convierten en una especie de alto interés ecológico y productivo, con potencial de integrarse en esquemas de bioeconomía y aprovechamiento sostenible (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2024).

Dependiendo del área, el coyol recibe distintos nombres comunes asociados a la diversidad cultural y lingüística del sureste de México. En Chiapas, por ejemplo, en zonas de la región Frailesca, Zoque e Istmo-Costa es conocido como cocuyol, mientras que en regiones de Los Altos y la Sierra Madre de ese estado se le denomina colconave. Dichas variaciones pueden generar confusión sobre su identidad; sin embargo, en todos los casos se trata de la misma especie botánica.

El vocablo "coyol" tiene origen indígena y se asocia a lenguas mesoamericanas empleadas históricamente al nombrar frutos de palmas silvestres, a los cuales, en la Península de Yucatán, según varios registros, se les denomina con el término *Tuk* en maya. La distribución y el aprovechamiento del coyol no son homogéneos en todo el estado, sino que dependen de las condiciones ambientales y del conocimiento local transmitido entre generaciones, lo que explica la diversidad de nombres y usos sin que existan diferencias biológicas entre ellos.



Figura 2. La palma y el fruto de coyol (*Acrocomia aculeata*) (fuente: elaboración propia).

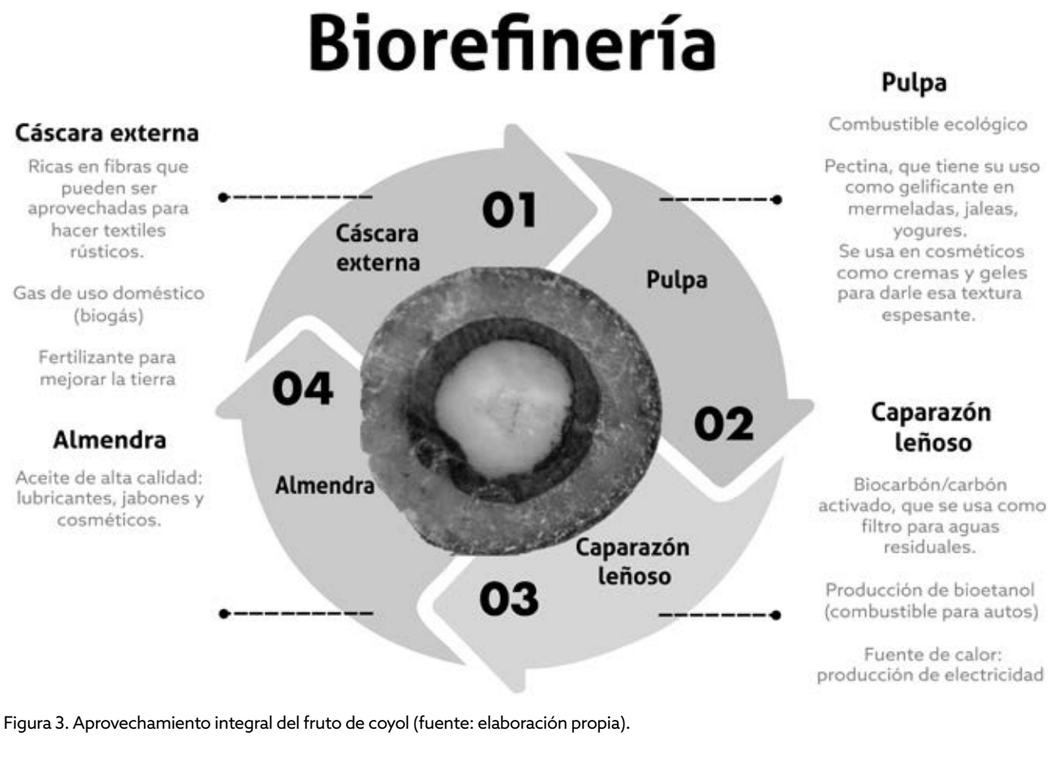


Figura 3. Aprovechamiento integral del fruto de coyol (fuente: elaboración propia).

LA BIORREFINERÍA DEL FRUTO DE COYOL

El fruto del coyol podría entenderse como una biorrefinería a escala pequeña, ya que cada una de sus partes puede transformarse en productos distintos y de valor. Esta lógica, conocida bajo el concepto de aprovechamiento integral de la biomasa, busca obtener varios beneficios a partir de un solo recurso y reducir al máximo la generación de residuos. El fruto está formado por cuatro componentes principales: la cáscara externa, la pulpa carnosa, el caparazón leñoso que protege la semilla y la almendra con alto contenido de aceite (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2024). Cada una de estas fracciones abre rutas de aprovechamiento específicas (figura 3).

La almendra y la pulpa concentran un aceite comestible de buena calidad. Además de su uso tradicional en la cocina y la cosmética, este puede transformarse en biodiésel, un combustible renovable obtenido mediante un proceso químico relativamente sencillo que convierte aceites vegetales en un carburante con propiedades similares al diésel de origen fósil (Aguieiras *et al.*, 2014; Toledo e Silva *et al.*, 2025).

La pulpa, además de su uso en dulces tradicionales, es rica en azúcares fermentables y contiene compuestos como la pectina, ampliamente utilizada en la industria alimentaria. Mediante procesos de fermentación, similares a los empleados al producir vino o cerveza, se puede aprovechar pues de ella se obtiene bioetanol o, a través de la digestión anaerobia, biogás, dos fuentes de energía renovable. Las pectinas, por su parte, son buenas gelificantes y se investigan para el desarrollo de recubrimientos biodegradables (Toledo e Silva *et al.*, 2025).

La cáscara externa y el caparazón que protege la semilla son fracciones ricas en fibras resistentes. Aunque tradicionalmente se desechan, al calcinarlas podrían producir carbón activado, útil bioadsorbente en el tratamiento de aguas residuales, o aprovecharse como biomasa al generar energía térmica, de manera similar a la leña o al carbón vegetal (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2025).

En conjunto, estas rutas muestran que el coyol puede pasar de ser un fruto asociado principalmente a la gastronomía local a un activo crítico en la bioeconomía, capaz de generar alimentos, energía y materiales dentro de un solo sistema productivo y con bajo impacto ambiental.

Un ejemplo ilustrativo es el de Brasil, donde el coyol, conocido como macaúba, se considera un recurso estratégico y ha recibido inversiones significativas para investigación, cultivo y generación de productos de valor agregado (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2024; de Lima *et al.*, 2018b; Plath *et al.*, 2016). Diversos programas públicos y privados han impulsado plantaciones y cadenas de valor, con reportes de rendimientos de aceite competitivos bajo ciertas condiciones de manejo. Tal experiencia plantea una pregunta relevante hacia México: si otros países han visto en esta palma una plataforma de bioeconomía, ¿por qué no estimular aquí su aprovechamiento sostenible, articulando ciencia, productores y mercados locales?

DEL RECURSO LOCAL AL VALOR AGREGADO

El aprovechamiento del coyol es interesante cuando se analiza desde una escala comunitaria. En este nivel, el principal beneficio no es solo la generación de bioproductos, sino la posibilidad de explotar un bien local ya conocido, integrándolo a actividades tradicionales: elaboración de dulces o bebidas fermentadas y ampliando su valor mediante procedimientos sencillos de transformación.

No obstante, el reto central no es la falta de recursos, es la ausencia de apoyos tangibles y tecnología adecuada. La recolección del fruto sigue siendo manual, los procesos se realizan de manera artesanal y no existen protocolos estandarizados que permitan escalar la producción sin perder calidad. A ello se suma la limitada infraestructura local y el desconocimiento de los mercados potenciales para los bioproductos derivados del coyol.

Más que promover un cultivo intensivo inmediato, el desafío consiste en diseñar modelos graduales, basados en proyectos piloto, capacitación técnica y acompañamiento institucional. De esta forma, el coyol puede incorporarse a estrategias de bioeconomía sin desplazar usos tradicionales ni generar impactos negativos, fortaleciendo el desarrollo local a partir del conocimiento y los recursos propios de cada comunidad.

CONCLUSIONES

El coyol es un ejemplo claro de cómo un recurso tradicional, presente en la vida cotidiana de muchas comunidades, puede adquirir un nuevo significado cuando se observa desde la ciencia y la bioeconomía. Más allá de su valor cultural y gastronómico, el análisis de sus características botánicas y de las posibilidades de explotación de cada una de sus partes muestra que se trata de una biomasa con un potencial aún poco explorado en México.

Este trabajo pone en evidencia que el valor del coyol no radica en un solo producto, sino en su aprovechamiento integral, donde tradición y conocimiento científico se complementan. Reconocer al coyol como una biorrefinería permite replantear su papel de fruto típico y de recurso que puede contribuir a la generación de alimentos, energía y materiales con mayor eficiencia.

En un contexto en el que se buscan alternativas sostenibles y arraigadas al territorio, el coyol ofrece una oportunidad para reflexionar sobre nuevas formas de desarrollo rural que respeten el entorno, fortalezcan la identidad local y aprovechen los recursos disponibles de manera responsable.

REFERENCIAS

Aguieiras, Erika C. G., Cavalcanti-Oliveira, Elisa D., De Castro, Aline M., *et al.* (2014). Biodiesel production from *Acrocomia aculeata* acid oil by (enzyme/enzyme) hydroesterification process: Use of vegetable lipase and fermented solid as low-cost biocatalysts, *Fuel*, 135, 315-321, https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.06.069

Aguilar-Aguilar, Fidel A., MenaCervantes, Violeta Y., García-Solares, S. Montserrat, *et al.* (2024). Exploring the Biorefinery Potential of *Acrocomia aculeata*: A Native Mexican Palm for Sustainable Resource Valorization, *Waste and Biomass Valorization*, https://doi.org/10.1007/s12649-023-02385-0

Aguilar-Aguilar, Fidel A., Mena-Cervantes, Violeta Y., Romero-Hernández, César, *et al.* (2025). Thermal, structural, and compositional evaluation of coyol shell pretreatments for enhanced lignocellulosic biomass utilization, *Biomass and Bioenergy*, 193, https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107518

Balick, Michael J. (1989). Production of Coyol Wine from *Acrocomia mexicana* (*Arecaceae*) in Honduras, in *Economic Botany* (Vol. 1, Issue 44, 84-93).

De Lima, Natácia E., Carvalho, Alexandre A., Meerow, Alan W., *et al.* (2018a). A review of the palm genus Acrocomia: Neotropical green gold, in Organisms Diversity and Evolution (Vol. 18, Issue 2, 151-161), *Springer Verlag*, https://doi.org/10.1007/s13127-018-0362-x

Montoya, Sebastián G., Motoike, Sérgio Y., Kuki, Kacilda N., *et al.* (2016). Fruit development, growth, and stored reserves in macauba palm (*Acrocomia aculeata*), an alternative bioenergy crop, *Planta*, 244(4), 927-938, https://doi.org/10.1007/s00425-016-2558-7

Plath, Mirco, Moser, Christine, Bailis, Rob, *et al.* (2016). A novel bioenergy feedstock in Latin America? Cultivation potential of *Acrocomia aculeata* under current and future climate conditions, *Biomass and Bioenergy*, 91, 186-195, https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.04.009

Tawas Penagos, Maritza. (2022). *Estudio de las relaciones fisiológicas y moleculares entre cepas de Saccharomyces cerevisiae asociadas a la taberna, bebida extraída de la palma de coyol (Acrocomia aculeata. jacq. lodd ex. mart)*, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4624

Toledo e Silva, Sérgio H., Bader-Mittermaier, Stephanie, Silva, Lidiane B., *et al.* (2025). Cell wall polysaccharides from macauba pulp (*Acrocomia aculeata* L.): Fractionation and characterization of their chemical and rheological properties, *International Journal of Biological Macromolecules*, 298,https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.139890

Recibido: 14/10/2025
Aceptado: 27/01/2026

Descarga aquí nuestra versión digital.

Del dulce típico a la generación de bioproductos mediante la biorrefinería del coyol

RESUMEN

El coyol (*Acrocomia aculeata*) es una palma característica de las regiones cálidas del sur de México, cuyo fruto forma parte de la tradición local. Más allá de su uso gastronómico, dicho recurso tiene el potencial de convertirse en la base de una biorrefinería. Su aceite puede emplearse en alimentos, cosmética y combustibles limpios; la pulpa, en dulces, bioetanol o biogás, y la cáscara en carbón activado o energía térmica. Este artículo presenta el origen, las ventajas y los retos, así como una ruta hacia el aprovechamiento integral del fruto. Su uso comunitario representa una oportunidad para impulsar la bioeconomía regional con beneficios sociales y ambientales.

Palabras clave: fruto de coyol, *Acrocomia aculeata*, biorrefinería, bioeconomía, energía renovable.

From traditional sweets to the generation of bioproducts through the coyol biorefinery

ABSTRACT

The coyol (Acrocomia aculeata) is a palm native to the warm regions of southern Mexico, whose fruit is an integral part of local tradition. Beyond its gastronomic use, this resource can serve as the basis for a biorefinery. Its oil can be used in food, cosmetics, and clean fuels; the pulp in sweets, bioethanol, or biogas; and the shell in activated carbon or thermal energy. This article presents its origin, advantages, and challenges, as well as a pathway for the integral use of the fruit. Community use of coyol represents an opportunity to boost the regional bioeconomy with social and environmental benefits.

Keywords: coyol fruit, Acrocomia aculeata, biorefinery, bioeconomy, renewable energy.

SECCIÓN ACADÉMICA

Carbono almacenado en las áreas de conservación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Carbono almacenado en las áreas de conservación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

José Israel Yerena-Yamallel*
ORCID: 0000-0002-9216-7427

Luis Gerardo Cuéllar-Rodríguez*
ORCID: 0000-0003-4969-611X

Eduardo Alanís-Rodríguez*
ORCID: 0000-0001-6294-4275

https://doi.org/10.29105/cienciauanlv29.140.519

RESUMEN

Se estimó el contenido de carbono en las áreas de conservación de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Se realizó un inventario forestal de 80 sitios de muestreo, midiendo la altura y diámetro a los árboles y arbustos. El bosque de pino-encino en Iturbide resultó con el valor más alto, con 53.52 ton/ha; seguido por el matorral submontano de Monterrey, con 24.60 ton/ha, y el matorral espinoso tamaulipeco de Linares y Marín, con 20.16 y 15.84 ton/ha, respectivamente. En total se tienen almacenadas 73,441.56 toneladas de carbono que equivalen a 269,530.52 toneladas de CO_{2e}.

Palabras clave: matorral espinoso tamaulipeco, matorral submontano, bosque de pino-encino, dióxido de carbono equivalente, cambio climático.

ABSTRACT

The carbon content in the conservation areas of the Universidad Autonóma de Nuevo León was estimated. A forest inventory of 80 sampling sites were established, measuring the height and diameter of trees and shrubs. The pine-oak forest in Iturbide has the highest value of carbon content with 53.52 ton/ha, followed by the submontane scrub of Monterrey with 24.60 ton/ha and the tamaulipan thornscrub of Linares and Marin, with 20.16 and 15.84. ton/ha respectively. In total, 73,441.56 tons of carbon are stock, which is equivalent to 269,530.52 tons of CO_{2e}.

Keywords: tamaulipan thornscrub, submontane scrub, pine-oak forest, carbon dioxide equivalent, climate change.

Las plantas terrestres participan en el ciclo del carbono mediante la fotosíntesis, proceso que se activa por la energía solar, absorben dióxido de carbono de la atmósfera y lo convierten en materia orgánica, fijando el carbono en sus tejidos y liberando el oxígeno (IPCC, 2006).

Es importante destacar que la cantidad de carbono capturado por la vegetación varía según diferentes factores: tipo, edad, condiciones climáticas y calidad del suelo (Pan *et al.*, 2011).

Es fundamental tener en cuenta que la capacidad de la flora para capturar carbono tiene límites, los bosques pueden alcanzar un estado de saturación, donde la tasa de captura de carbono se equilibra con la de liberación (Houghton *et al.*, 2015).

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, México.
Contacto: jose.yerenaym@uanl.edu.mx, luis.cuellarrd@uanl.edu.mx, eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx

Lo anterior deriva en la importancia de efectuar investigaciones sobre almacenamiento y captura de carbono en los ecosistemas forestales de la Universidad, que podrían participar en proyectos de compensación de carbono, como la plantación de árboles o la salvaguarda silvícola. El objetivo del trabajo fue estimar el contenido de carbono en las áreas de conservación de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

METODOLOGÍA

Área de estudio

Se realizó en cuatro áreas de conservación de la Universidad Autónoma de Nuevo León en los municipios de Linares, Facultad de Ciencias Forestales (26°31'00"N;100°17'20"O); Iturbide, Campus Ecológico Iturbide (24°42'23"N; 99°51'39"O); Marín, Facultad de Agronomía (25°52'28"N; 100°03'24"O), y Monterrey, Campus Mederos (25°36'42"N; 100°16'48"O), en el estado de Nuevo León, México.

Tamaño y diseño de la unidad muestral

Para la estimación del contenido de carbono se utilizó un diseño de muestreo sistemático, es decir, distancias iguales entre los puntos centrales de las unidades, en cada área se realizaron 20 sitios de cuadrangulares de 1,600 m^2 (40 x 40 m). Se identificó la especie, se midió su altura con un hipsómetro (Nikon® modelo Forestry Pro) y el diámetro con cinta diamétrica (Forestry Suppliers® modelo 283D), a todos los árboles y arbustos mayores de 1 cm.

El contenido de carbono se obtuvo de la relación de la biomasa aérea por la concentración de carbono de las especies: contenido de carbono = B * CC, donde, B = biomasa aérea (peso seco de los árboles o arbustos) y CC = concentración de carbono.

La estimación de la biomasa aérea se obtuvo mediante ecuaciones alométricas específicas para especies o grupo de estas (Aguirre-Calderón, Jiménez-Pérez, 2011; Chojnacky *et al.*, 2013; Grier *et al.*, 1992; Návar *et al.*, 2004; Vargas-Larreta *et al.*, 2017) (tabla I) pertenecientes a tres tipos de vegetación: matorral espinoso tamaulipeco, bosque de pino-encino y matorral submontano. La biomasa radicular se calculó mediante la relación de esta con respecto a la biomasa aérea reportada en la bibliografía (Cairns *et al.*, 1997), se consideró el valor de 20%, es decir, el sistema de raíces pesa el porcentaje mencionado en proporción al peso total de los demás componentes.

Tabla I. Ecuaciones alométricas utilizadas para estimar biomasa aérea.

Especie	Ecuación
Arbutus spp	$Ww = 0.06438\ d^{1.66448}\ h^{0.86489}$; $Wb = 0.00328\ d^{1.51833}\ h^{0.95083}$; $Wbr = 0.02125\ d^{1.81216}\ h^{0.8198}$; $Wf = 0.00698\ d^{1.50325}\ h^{0.84794}$; $Wt = \sum Wi$
Cercis canadensis	$\ln(b) = -2.5095 + 2.6175 \cdot \ln(d)$
Juniperus spp	$\log(b) = 1.157 + 2.086 \cdot \log(d)$
Pinus pseudoustrobus	$b = 0.35179 \cdot d^2$
Pinus teocote	$b = 0.40196 \cdot d^2$
Quercus spp	$b = 0.45534 \cdot d^2$
Matorral	$b = (0.026884 + 0.001191d^2h + 0.044529d - 0.01516h) + (1.025041 + 0.023663d^2h - 0.17071h - 0.09615 \ln h) + (-0.43154 + 0.011037d^2h + 0.113602d + 0.307809 \ln d)$

b = biomasa aérea; d = diámetro normal (cm); h= altura total (m); Ww = biomasa de madera del tallo (kg); Wb = biomasa de la corteza del tallo (kg); Wbr = biomasa de la madera más la corteza de las ramas (kg); Wf = biomasa de las hojas (kg); Wt = biomasa aérea total (kg).

La concentración de carbono fue tomada de Yerena-Yamallel *et al.* (2011), en las especies que se desconoce la concentración de carbono se optó por el factor de conversión de 0.5 recomendado por el IPCC (2006). Para la conversión a contenido de CO_{2e} (dióxido de carbono equivalente) se multiplicó el contenido de carbono por 44/12 (la relación del peso atómico del CO_2 entre el peso atómico de carbono).

Tabla II. Contenido de carbono y CO_{2e} en las áreas de conservación de la UANL.

Área de conservación	Tipo de vegetación	Hectáreas	Carbono (ton/ha)	Carbono total (ton)	CO_2total (ton)
Monterrey	Matorral submontano	169	24.60	4,157.40	15,257.66
Linares	Matorral espinoso tamaulipeco	250	20.16	5,040.00	18,496.80
Marín	Matorral espinoso tamaulipeco	650	15.84	10,296.00	37,786.32
Iturbide	Bosque de pino-encino	1,008	53.52	53,948.16	197,989.74
			Total	73,441.56	269,530.52

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los diferentes tipos de vegetación de las áreas de conservación de la UANL, el bosque de pino-encino resultó con el valor más alto de contenido de carbono con 53.52 ton/ha, seguido por el matorral submontano y el matorral espinoso tamaulipeco de Linares y Marín, con 24.60, 20.16 y 15.84 ton/ha, respectivamente. En cuanto la acumulación de carbono total y su equivalencia en dióxido de carbono, fue en concordancia con la extensión en territorio, es decir, entre mayor cantidad de hectáreas más reservas de este elemento químico (tabla II).

En un análisis entre el carbono almacenado en las áreas de conservación de diferentes universidades, se puede inferir que el tipo de vegetación es determinante en la cantidad de este elemento por hectárea, las zonas donde se distribuyen especies de mayores dimensiones en diámetro y altura, así como su abundancia, presentan más contenido de carbono por hectárea, sin embargo, la extensión territorial conservada es otro punto importante, por lo cual, la UANL, con sus 2,077 ha, tiene más carbono almacenado y su equivalencia en dióxido de carbono que otras instituciones (Bremer *et al.*, 2020; Colgate University, 2018; De Villiers *et al.*, 2014; Sundarapandian *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2021; Zavala *et al.*, 2018) (tablas II y III).

CONCLUSIÓN

Las áreas de conservación de la Universidad Autónoma de Nuevo León son potencialmente importantes para el almacenamiento de carbono, tienen 73,441.56 toneladas de carbono que equivale a 269,530.52 toneladas de CO_{2e}. A su vez, es una práctica de sustentabilidad para mitigar sus emisiones de gases de efecto invernadero. Este sistema, conocido como captura de carbono, contribuye de manera significativa a contrarrestar el cambio climático, mejorar las condiciones ambientales y de vida para los habitantes del estado.

Tabla III. Contenido de carbono y CO_{2e} en de diferentes universidades.

Universidad	País	Tipo de vegetación	Hectáreas	Carbono (ton/ha)	Carbono total (ton)	CO_2total (ton)
Colgate University	Estados Unidos	Bosque de coníferas	428	123.30	52,772.40	193,674.71
State University of New York	Estados Unidos	Bosque de coníferas	67	114.60	7,678.20	28,178.99
Newcastle University	Inglaterra	Bosque de coníferas y latifoliadas	38	121.55	4,618.90	16,951.36
Pondicherry University	India	Matorral	297	8.72	2,589.84	9,504.71
KIWI University	Nueva Zelanda	Bosque siempreverde y caducifolio	65	24.38	1,584.70	5,815.85
Universidad Nacional Agraria de la Selva	Perú	Agroforestal cafetal - selva	5	36.44	182.20	668.67

REFERENCIAS

Aguirre-Calderón, Óscar, Jiménez-Pérez, Javier. (2011). Evaluación del contenido de carbono en bosques del sur de Nuevo León, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(6), 73-84, https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i6.575

Bremer, Mark, Frisa, Emily, Maccarone, Rachelle, *et al.* (2020). Campus Forest Carbon Sequestration: An Undergraduate Project Experience, *Journal of Sustainability Education*, 24, 1-15.

Cairns, Michael, Brown, Sandra, Helmer, Eileen, *et al.* (1997). Root biomass allocation in the world's upland forest, *Oecologia*, 111, 1-11, https://doi.org/10.1007/s004420050201

Colgate University. (2018). *Forest Carbon Inventory & Projections*, https://www.colgate.edu/media/3021/download

Chojnacky, David, Heath, Linda, Jenkins, Jennifer. (2013). Updated generalized biomass equations for North American trees species, *Forestry*, 87, 129-151, https://doi.org/10.1093/forestry/cpt053

De Villiers, Charl, Chen, Sile, jin, Chenxing, *et al.* (2014). Carbon sequestered in the trees on a university campus: A case study, Sustainability Accounting, *Management and Policy Journal*, 5(2), 149-171, http://dx.doi.org/10.1108/SAMPJ-11-2013-0048

Grier, Charles, Elliott, Katherine, McCullough, Deborah. (1992). Biomass distribution and productivity of Pinus edulis - *Juniperus monosperma* woodlands of north-central Arizona, *Forest Ecology and Management*, 50, 331-350, https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90346-b

Houghton, Richard, Byers, Brett, Nassikas, Alexander. (2015). A role for tropical forests in stabilizing atmospheric CO_2, *Nature Climate Change*, 5, 1022-1023, https://doi.org/10.1038/nclimate2869

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, http://www.ipcc-nggip.iges. or.jp/publi/2006gl/spanish/index.html

Návar, Jesús, Méndez, Eduardo, Graciano, Jesús, *et al.* (2004). Biomass equations for shrub species of Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico, *Journal of Arid Environments*, 59, 657-674, https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.02.010

Pan, Yude, Birdsey, Richard, Fang, Jingyun, *et al.* (2011). A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests, *Science*, 333(6045), 988-993, https://doi.org/10.1126/science.1201609

Sundarapandian, Somaiah, Amritha, Saha, Gowsalya, Lakshmanan, *et al.* (2014). Biomass and carbon stock assessments of woody vegetation in Pondicherry University campus, Puducherry, *International Journal of Environmental Biology,* 4(2), 87-99.

Vargas-Larreta, Benedicto, López-Sánchez, Carlos, Corral-Rivas, Javier, *et al.* (2017). Allometric Equations for Estimating Biomass and Carbon Stocks in the Temperate Forests of North-Western Mexico, *Forests*, 8(8), 269, https://doi.org/10.3390/f8080269

Wang, Jiaqian, Werner, David, Manning, David. (2021). A framework for integrating the terrestrial carbon stock of estates in institutional carbon management plans, *Soil Use and Management*, 38, 1172-1188, https://doi.org/10.1111/sum.12776

Yerena-Yamallel, José, Jiménez-Pérez, Javier, Aguirre-Calderón, Óscar, *et al.* (2011). Concentración de carbono en la biomasa aérea del matorral espinoso tamaulipeco, *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17, 283-291, https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.02.004

Zavala, José, Zavala, Sandra, Mansilla, Luis. (2018). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un sistema agroforestal del cafetal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, *Investigación y Amazonía*, 8(5), 1-8.

Recibido: 24/11/2025
Aceptado: 07/07/2026

Descarga aquí nuestra versión digital.

Proteínas fluorescentes: las linternas de la biología molecular



https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.140.491

Gustavo Jiménez-Mejía*
ORCID: 0000-0003-1773-1400

Alan Michael Pérez-Hernández**
ORCID: 0000-0002-5549-7080

Diana Reséndez-Pérez*
ORCID: 0000-0002-4709-7677

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
** CINVESTAV-IPN, Ciudad de México, México.
Contacto: gjimenezm@uanl.edu.mx, diana.resendezpr@uanl.edu.mx, amph_lab@outlook.com

¿CÓMO LA PROTEÍNA VERDE DE UNA MEDUSA REVOLUCIONÓ LA CIENCIA?

Lo que comenzó como el brillo de la medusa *Aequorea victoria* en las aguas del océano Pacífico se convirtió en uno de los descubrimientos más influyentes de la biología moderna: la proteína verde fluorescente (GFP, *Green Fluorescent Protein*, por sus siglas en inglés). Desde su hallazgo, esta molécula ha iluminado literalmente los rincones más ocultos de las células.

En la década de 1960, Osamu Shimomura estudió la medusa *A. victoria*, conocida por emitir destellos de luz como mecanismo de defensa frente a depredadores, empleando reacciones de quimioluminiscencia donde interviene la proteína aequorina, que al unirse a iones de calcio produce luz azul. Esto lo llevó a cuestionar por qué la medusa se observaba en verde. Al investigar el fenómeno encontró una segunda proteína, la GFP, que absorbía la luz azul y reemitía fluorescencia verde. Dos años después, tales hallazgos le permitieron a Shimomura purificar la GFP, sin imaginar el impacto que tendría su descubrimiento (Shimomura *et al.*, 1962).

Tres décadas más tarde, Martin Chalfie demostró que el gen de GFP podía expresarse en bacterias como *Escherichia coli* y en el nematodo *Caenorhabditis elegans*, permitiendo observar la luminiscencia sin alterar las condiciones naturales de las células. Por primera vez era posible ver una proteína luminosa en organismos vivos sin necesidad de destruirlos (Chalfie *et al.*, 1994).

El siguiente paso llegó con Roger Tsien, quien modificó químicamente la GFP y generó una amplia paleta de colores fluorescentes, desde el azul hasta el rojo (Tsien, 1998). Gracias a ello, los investigadores pudieron marcar simultáneamente distintas estructuras celulares y estudiar su interacción dentro de un mismo experimento. La luminiscencia pasó así de la oscuridad del océano a la punta de una pipeta, haciendo visible lo invisible.

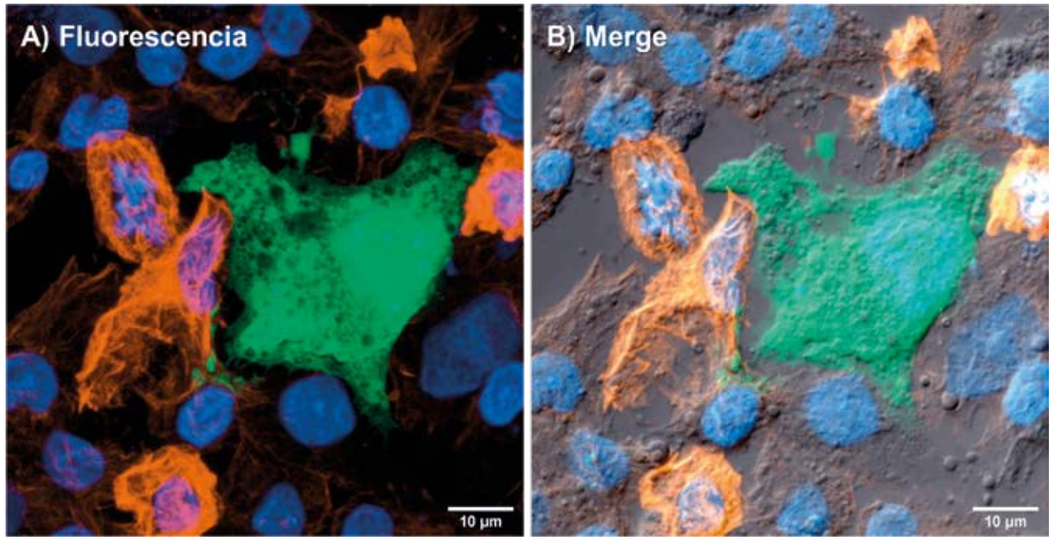


Figura 1. Expresión de GFP en células HepG2 transfectadas. *(A)* Fluorescencia de GFP en verde en el citoplasma de células de carcinoma hepatocelular (HepG2), en azul se muestran los núcleos teñidos con el colorante Hoechst y en naranja la detección de la proteína F-actina marcada con faloidina rodamina. *(B)* Imagen fusionada con microscopía de contraste diferencial de interferencia (Nomarski) para correlacionar fluorescencia y estructura celular. La barra de escala indica un tamaño de 10 µm (imagen inédita cortesía de CINVESTAV por R. Jiménez Mora y A. Pérez Hernández).

¿CÓMO SE OBSERVAN LAS PROTEÍNAS FLUORESCENTES?

Observar proteínas dentro de una célula no es una tarea sencilla, puesto que son miles de veces más pequeñas que un cabello humano y, a esa escala, la vida se convierte en un universo invisible a nuestros ojos; sin embargo, la ciencia ha encontrado una forma de iluminar ese micromundo. Esto es posible gracias a que las proteínas fluorescentes actúan como diminutas linternas biológicas que brillan cuando se les anima con la luz adecuada.

Para entenderlo, debemos hablar primero sobre lo que llamamos "luz visible", una pequeña parte del espectro electromagnético y que también incluye las ondas de radio, rayos X y luz ultravioleta. Cada color en el espectro visible de luz corresponde a una longitud de onda, por ejemplo, la luz violeta presenta ondas muy cortas y energéticas, mientras que las de la roja son más largas y con menos energía.

Entendiendo esto, el fenómeno de fluorescencia aprovecha precisamente esas propiedades y ocurre cuando una molécula atrae energía luminosa de un color y la devuelve casi de inmediato como luz de otra tonalidad, con una longitud de onda más larga. A la luz que incide sobre la proteína la llamamos de excitación, y a la que emana, de emisión. Por ejemplo, la proteína fluorescente GFP absorbe luz azul (de alta energía) y genera luz verde (de menor energía). Ese cambio de coloración es lo que permite distinguirla del resto de la célula.

La ingeniería genética nos ha ayudado a diseñar una paleta completa de estas proteínas fluorescentes que brillan en tonalidad azul, verde, amarillo, naranja y rojo.Cada una emite luz en una longitud de onda distinta, y los científicos eligen el tono que requieren según las necesidades de su experimento, ya que es posible marcar diversas estructuras dentro de una misma célula usando proteínas de diferentes colores. Por ejemplo, podemos hacer que el citoesqueleto de una célula brille en rojo mientras que sus mitocondrias lo hagan en verde. Así, no solo vemos dónde están los organelos, sino cómo ocurre la fisiología celular en tiempo real, creando mapas dinámicos del movimiento interior de las células e incluso en organismos multicelulares.

Para poder ver el destello de estas proteínas, no basta con un microscopio convencional, se requieren aparatos especializados en la captación de luminiscencia con alta precisión, diseñados con el fin de excitar los fluoróforos y registrar únicamente la luz que emiten. En la mayoría de estos equipos se emplea un sistema de epifluorescencia, en el que el mismo objetivo ilumina la muestra y recoge la señal luminosa. En muchos laboratorios, la opción más habitual es utilizar microscopios de fluorescencia de campo amplio donde todo el modelo se enciende a un tiempo y, mediante una red de filtros, se separa la luz de excitación de la fosforescencia, de modo que la imagen revela el brillo de las proteínas luminiscentes.

Sin embargo, cuando se requiere obtener una mayor definición, se recurre a herramientas más especializadas, como el microscopio confocal de barrido láser, que excita la muestra punto por punto y utiliza un diafragma que bloquea buena parte de la luz fuera de foco. Esto permite conseguir formas más nítidas dentro de la célula o del tejido, en las que la señal de las proteínas luminiscentes resalta sobre un fondo oscuro, revelando con gran detalle su ubicación y organización (figura 1).

Las imágenes obtenidas nos permiten observar un conjunto de proteínas fluorescentes en una asombrosa combinación de la física y biología. Estos resultados no solo son datos que nos ayudan a entender procesos celulares vitales o enfermedades, sino que también nos muestran cómo cada célula se transforma en un diminuto cosmos luminoso que revela una parte de la manera en que ocurre la vida, y nos enseña que incluso en lo más pequeño existe una complejidad y una belleza extraordinaria.

¿CUÁL ES LA APLICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS FLUORESCENTES?

Los avances tecnológicos en microscopía, junto con el desarrollo de la ingeniería genética, han permitido comprender con mayor detalle el funcionamiento de las proteínas dentro de las células. Estrategias clásicas de esa rama del conocimiento, por ejemplo, la clonación por restricción, PCR (reacción en cadena de la polimerasa) de extensión solapada, y metodologías más recientes: la clonación por In-Fusion o el ensamblaje de Gibson, han hecho viable el unir secuencias de proteínas luminiscentes del tipo GFP a proteínas de interés biológico. Gracias a los marcajes genéticos fluorescentes, hoy es posible seguir su localización y comportamiento, como si se colocara un pequeño GPS molecular que revela en qué parte de la célula se encuentran y qué función podría desempeñar.

Estas herramientas se han aplicado en múltiples áreas de la ciencia. En biología del desarrollo, por ejemplo, han permitido observar en tiempo real procesos fundamentales como la diferenciación celular, la morfogénesis y la organización de los tejidos, mediante la expresión de proteínas reporteras luminosas (Ivanovitch *et al.*, 2017). Además, estrategias innovadoras, entre otras la Complementación Bimolecular Fluorescente (BiFC, por sus siglas en inglés), posibilitan detectar interacciones entre proteínas sin necesidad de destruir el tejido (figura 2), lo que representa un avance significativo para el estudio de redes moleculares en sistemas vivos (Villarreal-Puente *et al.*, 2024).

En el campo de las neurociencias, las proteínas fluorescentes han permitido literalmente "encender" las neuronas de distintos modelos animales, haciendo visible la compleja arquitectura del cerebro. Gracias a técnicas como Brainbow (Livet *et al.*, 2007), es posible marcar neuronas individuales con combinaciones de colores fluorescentes, lo que permite rastrear sus conexiones y observar la actividad de los circuitos neuronales en tiempo real (Hariani *et al.*, 2024). Este tipo de aproximaciones ha transformado la manera en que se analiza la comunicación neuronal y ha contribuido a comprender mejor cómo surgen alteraciones en el sistema nervioso asociadas con diversas patologías humanas.

En la investigación del cáncer se han aprovechado las mismas estrategias de marcaje fluorescente para estudiar el comportamiento de las células tumorales. Al insertar genes que codifican proteínas luminiscentes en dichas células, los científicos pueden seguir su proliferación, migración e invasión en varios modelos *in vivo*, como ratones y ratas de laboratorio (Hiroshima *et al.*, 2014). Tales técnicas permiten evaluar la forma en que se desarrolla un tumor y cómo responde a distintos tratamientos, ofreciendo una herramienta poderosa para el análisis dinámico de procesos oncológicos.

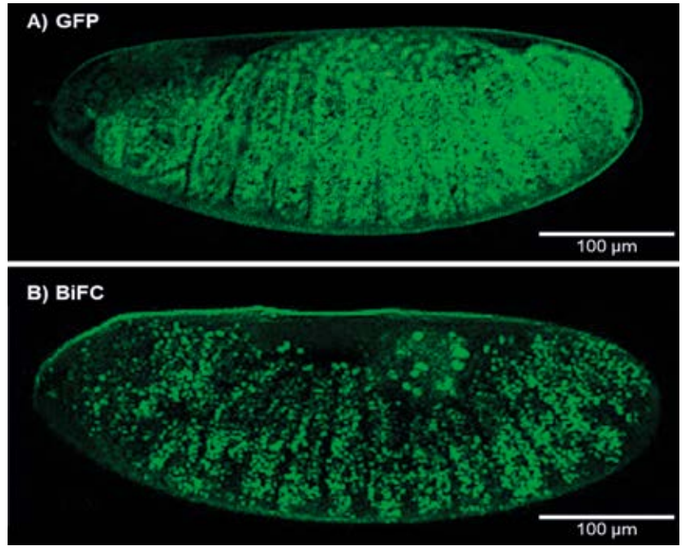


Figura 2. Expresión de GFP y detección de interacción molecular mediante BiFC en embriones de mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) observados por microscopía confocal. *(A)* Expresión de la proteína GFP en embrión de *Drosophila* (imagen inédita cortesía de FCB-UANL, por G. Jiménez Mejía). *(B)* Interacción de las proteínas Antp y Ubx observado por la fluorescencia de la proteína Venus reconstituida mediante la técnica BiFC. La barra de escala indica un tamaño de 100 µm (imagen tomada de Villarreal-Puente *et al.*, 2024).

En el campo de la biotecnología, estas "linternas moleculares", como la GFP, han abierto nuevas formas de estudiar la manera en que operan los genes dentro de los organismos. Su uso permite seguir en tiempo real la expresión génica y comprender mejor el funcionamiento de los mecanismos biológicos. Las mismas estrategias se aplican al producir proteínas útiles: anticuerpos, enzimas o péptidos con funciones específicas en investigación y medicina (March *et al.*, 2003). En agricultura, dichos avances científicos han permitido emplear la fluorescencia para estudiar genes asociados con resistencia a plagas o tolerancia a la sequía, utilizando GFP como reportero y contribuyendo al desarrollo de cultivos más fuertes y de mejor rendimiento agrícola (Berg y Beachy, 2008).

Las proteínas fluorescentes han cambiado la forma en que observamos la vida. Hoy permiten estudiar la actividad celular en tiempo real, seguir procesos biológicos antes inalcanzables y comprender con mayor precisión el funcionamiento de los sistemas vivos. Desde las neurociencias hasta la biotecnología, estas "linternas moleculares" continúan impulsando el desarrollo de nuevas técnicas de observación y diagnóstico. En cada emisión de luz hay un fragmento de conocimiento, una prueba de que incluso los procesos más pequeños pueden revelar los secretos más grandes de la biología.

REFERENCIAS

Berg, R. Howard, Beachy, Roger N. (2008). Fluorescent protein applications in plants, *Methods in cell biology*, 85, 153-177, https://doi.org/10.1016/S0091-679X(08)85008-X

Chalfie, Martin, Tu, Yuan, Euskirchen, Ghia, *et al.* (1994). Green fluorescent protein as a marker for gene expresión, *Science* (New York, N.Y.), 263(5148), 802-805, https://doi.org/10.1126/science.8303295

Hariani, Harsh N., Algstam, A. Brynn, Candler, Christian T., *et al.* (2024). A system of feedforward cerebellar circuits that extend and diversify sensory signaling, *eLife*, 12, RP88321, https://doi.org/10.7554/eLife.88321

Hiroshima, Yukihiko, Maawy, Ali, Zhang, Yong, *et al.* (2014). Fluorescence-guided surgery in combination with UVC irradiation cures metastatic human pancreatic cancer in orthotopic mouse models, *PloS one*, 9(6), e99977, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099977

Ivanovitch, Kenzo, Temiño, Susana, Torres, Miguel. (2017). Live imaging of heart tube development in mouse reveals alternating phases of cardiac differentiation and morphogenesis, *eLife*, 6, e30668, https://doi.org/10.7554/eLife.30668

Livet, Jean, Weissman, Tamily A., Kang, Hyuno, *et al.* (2007). Transgenic strategies for combinatorial expression of fluorescent proteins in the nervous system, *Nature*, 450(7166), 56-62, https://doi.org/10.1038/nature06293

March, J. C., Rao, G., Bentley, W. E. (2003). Biotechnological applications of green fluorescent protein, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 62(4), 303-315, https://doi.org/10.1007/s00253-003-1339-y

Shimomura, Osamu, Johnson, Frank H., Saiga, Yo. (1962). Extraction, purification and properties of aequorin, a bioluminescent protein from the luminous hydromedusan, *Aequorea*, *Journal of cellular and comparative physiology*, 59, 223-239, https://doi.org/10.1002/jcp.1030590302

Tsien Roger Y. (1998). The green fluorescent protein, *Annual review of biochemistry*, 67, 509-544, https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.67.1.509

Villarreal-Puente, Alely, Altamirano-Torres, Claudia, Jiménez-Mejía, Gustavo, *et al.* (2024). Novel Antennapedia and Ultrabithorax trimeric complexes with TBP and Exd regulate transcription, *Hereditas*, 161(1), 25, https://doi.org/10.1186/s41065-024-00327-x

Recibido: 19/09/2025
Aceptado: 08/01/2026

Descarga aquí nuestra versión digital.

Proteínas fluorescentes: las linternas de la biología molecular

RESUMEN

Las proteínas fluorescentes y sus aplicaciones han transformado la manera en que observamos y entendemos los procesos biológicos, revelando la dinámica interna de las proteínas en células y organismos. Estas moléculas fluorescentes funcionan como pequeñas linternas biológicas que muestran eventos celulares y moleculares con una claridad que parecía inalcanzable. Su aplicación se extiende desde la neurociencia y la investigación del cáncer hasta la biotecnología y la agricultura. Gracias a ellas, la ciencia puede explorar lo que antes era invisible y avanzar hacia una comprensión más profunda de la vida, abriendo nuevas rutas de estudio en medicina.

Palabras clave: fluorescencia, GFP, proteínas, microscopía, biotecnología.

Fluorescent proteins: lanterns of molecular biology

ABSTRACT

Fluorescent proteins and their applications have transformed the way we observe and understand biological processes, revealing the internal dynamics of proteins in cells and organisms. These fluorescent molecules function as tiny biological lanterns that illuminate cellular and molecular events with previously unattainable clarity. Their application extends from neuroscience and cancer research to biotechnology and agriculture. Thanks to these tools, science can explore what was once invisible and advance toward a deeper understanding of life, opening new avenues for research and medicine.

Keywords: fluorescence, GFP, proteins, microscopy, biotechnology.

Vivir bajo tierra:

el tecolote llanero y los secretos de las praderas mexicanas

José I. González-Rojas*
ORCID: 0000-0003-2740-7305

Gabriel Ruiz-Ayma*
ORCID: 0000-0003-3645-0233

Alina Olalla Kerstupp*
ORCID: 0000-0001-9451-1925

https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.140.694

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: gabriel.ruizym@uanl.edu.mx, alina.olallakrs@uanl.edu.mx, jose.gonzalezr@uanl.mx

Al amanecer, cuando el sol apenas comienza a calentar la planicie, una pequeña silueta emerge lentamente del suelo. Dos grandes ojos amarillos observan el horizonte desde la entrada de una madriguera. No es un roedor ni un reptil, sino una ave. En las praderas del norte de México, el tecolote llanero ha encontrado una forma de vida tan discreta como sorprendente: vivir bajo tierra.

Esta pequeña ave, lejos de las copas de los árboles y de los bosques cerrados que solemos asociar con su grupo, ha hecho de las praderas abiertas su hogar. Su presencia revela historias ocultas sobre el paisaje, la naturaleza salvaje y el delicado equilibrio que sostiene a uno de los ecosistemas más amenazados en México.

CONOZCAMOS AL TECOLOTE LLANERO

El tecolote llanero (*Athene cunicularia*) es una de las aves rapaces nocturnas más peculiares del orden Strigiformes en América. De tamaño pequeño, patas largas y mirada atenta, se distingue por su comportamiento diurno y su tendencia a permanecer visible en el suelo, vigilando a la entrada de su refugio (figura 1). A diferencia de otros Strigiformes que cazan exclusivamente de noche y se esconden en árboles, *A. cunicularia* combina actividad diurna y nocturna, y no teme ser visto (Poulin *et al.*, 2011).

Su distribución abarca desde Canadá hasta Sudamérica, pero en México se encuentra en los llanos del norte una de sus principales áreas de reproducción. Aquí, su presencia está estrechamente ligada a la existencia de extensos pastizales y paisajes abiertos, donde puede detectar presas y vigilar a posibles depredadores (Conway y Poulin, 2012).



Figura 1. Tecolote llanero en una pradera del norte de México, hábitat característico donde esta pequeña ave rapaz habita y utiliza madrigueras subterráneas para refugio y reproducción (imagen: Gabriel Ruiz Aymá).

VIVIR BAJO TIERRA: UNA ESTRATEGIA INESPERADA

¿Por qué un búho viviría bajo tierra? La respuesta está en la adaptación. El tecolote llanero utiliza madrigueras subterráneas como sitios de refugio y reproducción. Dichas estructuras le ofrecen protección contra depredadores, climas adversos y disturbios ambientales. En el interior, la temperatura se mantiene más estable que en la superficie, un beneficio clave en regiones donde el calor diurno y el frío nocturno pueden ser extremos (Desmond y Savidge, 1996).

Desde la entrada de la madriguera, el tecolote observa su entorno con una postura erguida y alerta. Ante cualquier amenaza, desaparece en cuestión de segundos. Esta combinación de vigilancia constante y protección inmediata ha sido una estrategia exitosa durante miles de años. En el norte de México, investigaciones recientes también han documentado cómo dicha especie utiliza activamente madrigueras dentro de colonias de perritos llaneros y otros refugios disponibles en el paisaje de pastizal (Ruiz-Ayma *et al.*, 2026).

¿QUÉ COME EL TECOLOTE LLANERO?

A pesar de su tamaño, el tecolote llanero es un depredador eficiente y oportunista, cuya dieta se compone principalmente de insectos y pequeños vertebrados: roedores y reptiles. Estudios realizados en praderas del norte de México han mostrado que durante la temporada reproductiva consume una gran proporción de invertebrados: escarabajos, grillos y saltamontes, los cuales son abundantes en los pastizales y representan una fuente energética importante para los adultos y sus crías (Ruiz-Ayma *et al.*, 2019; Gonzalez-Rojas *et al.*, 2022). Sin embargo, también captura pequeños mamíferos, reptiles y ocasionalmente aves, lo que refleja una dieta flexible que cambia según la disponibilidad de caza en el ambiente (figura 2).

Investigaciones realizadas en colonias de perros de la pradera en el Desierto Chihuahuense y en la región de Galeana, Nuevo León, indican que esta combinación de presas permite al tecolote adaptarse a diferentes condiciones estacionales, alternando entre animales pequeños y abundantes (insectos), y vertebrados de mayor tamaño (roedores) que aportan más energía (Ruiz-Ayma *et al.*, 2019; González-Rojas *et al.*, 2022). Tal estrategia alimentaria oportunista contribuye al éxito del tecolote llanero en los ecosistemas de pastizal, donde la disponibilidad de caza puede variar considerablemente a lo largo del año.



Figura 2. Dieta del tecolote llanero en praderas del norte de México. Durante la temporada reproductiva consume principalmente insectos, mientras que en otras épocas puede incluir pequeños vertebrados, reflejando su comportamiento como depredador oportunista (imagen generada con IA, NotebookLM).

LAS PRADERAS MEXICANAS: UN PAISAJE QUE SOSTIENE LA VIDA

Las praderas del norte de México, también conocidas como pastizales naturales, son ecosistemas abiertos dominados por vegetación baja. Aunque a menudo se consideran paisajes simples o degradados, en realidad albergan una notable diversidad de especies adaptadas a ese entorno.

Para el tecolote llanero, las praderas ofrecen condiciones ideales: visibilidad al detectar presas, suelos adecuados donde protegerse y una comunidad de especies con las que interactúa de manera constante. Sin embargo, estos ecosistemas han sido históricamente subestimados y transformados, lo que ha reducido su extensión y funcionalidad.

El tecolote llanero no cava su propio refugio. En su lugar, ocupa los construidos por perritos de la pradera y otros mamíferos excavadores. Gracias a estas madrigueras, numerosas especies encuentran protección, alimento y sitios de reproducción, por lo que estos animales desempeñan un papel clave en el funcionamiento de los ecosistemas de pastizal (Kotliar *et al.,* 1999).

Una sola guarida puede convertirse en hogar o refugio temporal para reptiles, insectos, pequeños mamíferos y aves. Así, el tecolote forma parte de una red de interacciones que conecta a la fauna subterránea con la vida en la superficie, demostrando que incluso los espacios aparentemente vacíos están llenos de relaciones ecológicas complejas.

La vida bajo tierra no se encuentra exenta de riesgos. La transformación de las praderas en zonas agrícolas, la expansión urbana y la infraestructura, fragmentan el paisaje y eliminan madrigueras. A esto se suma la percepción negativa que históricamente han tenido algunos animales excavadores, lo que ha provocado la destrucción deliberada de sus refugios.

Cuando desaparecen estas guaridas, no solo se pierde el hogar del tecolote, también un componente clave del ecosistema. La pérdida es silenciosa, pero sus efectos se extienden mucho más allá de una sola especie.

¿POR QUÉ DEBERÍA IMPORTARNOS?

Aunque en algunas regiones de México los búhos han sido asociados con creencias y supersticiones, el tecolote llanero es en realidad clave para la salud de las praderas. Su presencia indica que aún mantiene procesos ecológicos funcionales. Protegerlo implica preservar su hábitat y, con ello, a muchas otras especies que dependen del mismo paisaje.

Además, las praderas brindan servicios ecosistémicos esenciales: conservación del suelo, captura de carbono y sustento de actividades productivas tradicionales. Cuidar al tecolote es también velar por estos beneficios que, aunque invisibles, sostienen nuestra calidad de vida.

CIENCIA EN LAS PRADERAS: OBSERVAR PARA CONSERVAR



Conocer al tecolote llanero requiere tiempo, paciencia y trabajo de campo. Los especialistas recorren extensas praderas, monitorean madrigueras y observan movimientos con el objetivo de comprender cómo esta especie utiliza el espacio y responde a los cambios del entorno. Dicha información es clave para diseñar estrategias de preservación basadas en evidencia científica (figura 3).

La investigación realizada en las praderas mexicanas no solo amplía nuestro conocimiento sobre el tecolote, también fortalece la ciencia nacional y su vínculo con la conservación de la biodiversidad.

Figura 3. Papel ecológico del tecolote llanero en praderas mexicanas, su relación con madrigueras subterráneas, servicios ambientales y amenazas al hábitat (imagen generada con IA, NotebookLM).

VOLVER A LA MADRIGUERA

Al caer la tarde, el tecolote regresa a su refugio debajo de la tierra. Desde ahí continúa observando un paisaje que ha cambiado rápidamente en las últimas décadas. Su permanencia en las praderas mexicanas depende de decisiones que tomamos hoy como sociedad.

Proteger las praderas es cuidar la vida que se esconde bajo nuestros pies. En ese mundo subterráneo, silencioso y aparentemente invisible, el tecolote llanero nos recuerda que la biodiversidad no siempre vuela alto… a veces vive debajo de la tierra.

REFERENCIAS

Conway, Courtney J., Poulin, Ray G. (2012). Burrowing Owl (*Athene cunicularia*), in A. F. Poole (Ed.), *The Birds of North America Online*, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York.
Desmond, Martha J., Savidge, Julie A. (1996). Factors influencing burrowing owl nest densities and numbers in western Nebraska, *Journal of Raptor Research*, 30, 271-277.
González-Rojas, José I., Cruz-Nieto, Miguel Á., Guzmán-Velasco, Antonio, *et al.* (2022). Winter diet of Burrowing Owls in Llano La Soledad, Galeana, Nuevo León, México, *PeerJ*, 10, e13324, https://doi.org/10.7717/peerj.13324
Kotliar, Natasha B., Baker, Bruce W., Whicker, A. D., *et al.* (1999). A critical review of assumptions about the prairie dog as a keystone species, *Environmental Management*, 24, 177–192.
Poulin, Ray G., Todd, L. Danielle, Haug, Elizabeth A., *et al.* (2011). Burrowing Owl (*Athene cunicularia*), in A. Poole (Ed.), T*he Birds of North America Online*, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York.
Ruiz-Ayma, Gabriel, Kerstupp, Alina O., Guzmán-Velasco, Antonio, *et al.* (2019). Diet and prey delivery of Burrowing Owls (*Athene cunicularia hypugaea*) during the breeding season in the Chihuahuan Desert, Mexico, *Journal of Raptor Research*, 53, 75-83, https://doi.org/10.3356/JRR-17-90
Ruiz Aymá, Gabriel, Olalla K., Alina, Gómez Govea, Mayra A., *et al.* (2026). Multiscale nest-site selection of Burrowing Owl (*Athene cunicularia*) in Chihuahuan Desert grasslands, *Biology*, 15, 236. https://doi.org/10.3390/biology15030236

Recibido: 13-03-2026
Aceptado: 17-06-2026

Descarga aquí nuestra versión digital.

Vivir bajo tierra: el tecolote llanero y los secretos de las praderas mexicanas

RESUMEN

El tecolote llanero (*Athene cunicularia*) es una de las aves rapaces más singulares de los pastizales de América. A diferencia de la mayoría de los búhos, esta especie utiliza madrigueras subterráneas como nido y refugio, lo que la vincula estrechamente con animales excavadores y con los ecosistemas de pradera. En los pastizales del norte de México, el tecolote forma parte de una compleja red ecológica que conecta la vida subterránea con la superficie. Aquí se describen sus principales características biológicas, dieta y su relación con la pradera, así como las amenazas que enfrentan estos ecosistemas y la importancia de conservarlos.

Palabras clave: tecolote llanero, pastizales mexicanos, fragmentación de hábitat, conservación, especies vulnerables.

Living underground: the Burrowing Owl and the secrets of the Mexican prairies

ABSTRACT

The Burrowing Owl (Athene cunicularia) is one of the most unique raptors of the American grasslands. Unlike most owls, this species uses underground burrows as both shelter and breeding sites, closely linking it to burrowing animals and grassland ecosystems. In the grasslands of northern Mexico, the burrowing owl is part of a complex ecological network connecting subterranean life with the surface. This article describes its main biological characteristics, diet, and relationship with Mexican grasslands, as well as the threats these ecosystems face and the importance of their conservation.

Keywords: burrowing owl, mexican grasslands, habitat fragmentation, conservation, vulnerable species.

Desmitificando la historia oficial, la labor del sociohistoriador Mario Ramírez Rancaño

María Josefa Santos-Corral*

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



Mario Ramírez Rancaño es licenciado en Sociología por la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM; maestro en Sociología por la Facultad de Ciencias Sociales, con sede en Santiago de Chile, y doctor, también en Sociología, por la Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales de París. Sus líneas de especialización son la historia social y política, y la tipificada como de iglesias y religiones en las que ha ahondado guiado por tres principios básicos: la originalidad, el uso de fuentes de investigación primaria y la rigurosidad en el manejo del dato.

Dentro de estas directrices, el doctor Ramírez ha publicado numerosos trabajos en los temas de: la relevancia social de los empresarios mexicanos a inicios del siglo XX, historia regional a partir del caso de Tlaxcala, el papel del ejército federal durante el porfiriato y el exilio de los mexicanos también de la primera mitad del XX. Ha participado activamente en la formación de recursos humanos tanto impartiendo cursos como dirigiendo tesis de maestría y doctorado. Actualmente es investigador titular C del Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM, y desde 2018 obtuvo el nombramiento de investigador emérito del SNII.



¿Cómo inicia su carrera en investigación?

Mi carrera hacia la investigación inicia cuando, siendo estudiante de Ciencias Políticas, me acerqué junto con un compañero a buscar empleo como becario. Yo me quedé trabajando con Regina Jiménez. Ese año llegó el profesor brasileño Ary Dillon Soares a reclutar alumnos con el fin de enrolarlos en los posgrados de sociología y ciencia política en la sede de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso) de Santiago de Chile. Este era un posgrado patrocinado por la UNESCO.

Yo no quedé entre los seleccionados porque no hablaba inglés, pero cuando los que habían reclutado originalmente renunciaron, se abrió una oportunidad para mí. Fui a la maestría a Sudamérica pensando que encontraría las herramientas para resolver una vieja preocupación: ¿por qué hay pobres y por qué hay ricos?, era un tema del que uno se percata en la vida cotidiana y, desafortunadamente, al menos en principio, en la Flacso no había muchos elementos con los cuales responderla. Aunque ayudó la lectura de varias obras como: *La cultura de la pobreza*, de Harrington, y L*os condenados de la tierra*, de Franz Fanon. Además, hasta allí llegaba la influencia y fama de Enrique Cardoso, cuyo libro con Enzo Faletto, *Dependencia y desarrollo en América Latina*, era impresionante. Cuando lo leí me impactó y comencé a estudiar a los empresarios con el objetivo de entender la pregunta que me llevó a Chile ¿por qué hay pobres y por qué hay ricos? Y así fue como me adherí a la sociología.

En ese tiempo los alumnos formados en la Flacso tenía-mos mucho prestigio. La maestría era reconocida en Estados Unidos y en Europa. Así, a mi regreso a México me ofrecieron trabajo en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales (FCPyS) y en el Instituto de Investigaciones Sociales (IIS), ambos de la UNAM, que fue donde me quedé y trabajo aquí desde 1971. La condición para permanecer en el IIS era publicar un libro de autoría en un plazo no mayor a tres años.

Elegí hacerlo sobre los empresarios. Siguiendo la idea de la obra de Enrique Cardoso acerca de las burguesías industriales de América Latina, que fue como mi biblia. Cumplí con la publicación en el periodo establecido: *La burguesía industrial*, publicado por la editorial Nuestro Tiempo, y poco después *Los empresarios textiles de la Revolución Mexicana*, y con eso obtuve mi plaza.





¿Cómo transita de la sociología aplicada a la historia social del siglo XX?

En los años setenta no había bibliografía acerca de los empresarios o la burguesía, excepto lo que aparecía en la revista *Estrategia*, editada por Alonso Aguilar, Fernando Carmona y Jorge Carrión, muy radicales, por cierto. Al no haber publicaciones sobre el tema, tuve que recurrir a otras fuentes y me di cuenta de que tenía que irme atrás en el tiempo. Comencé buscando en las asociaciones de empresarios: la Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos (Concamín), la Confederación de Cámaras Nacionales de Comercio y Servicios Turísticos (Concanaco), la Confederación Patronal de la República Mexicana (Coparmex) y entre las asociaciones de banqueros. El rastreo de información me llevó hasta 1917, cuando Carranza estimula la creación de la Concanaco y la Concamín. Con este dato me di cuenta de que los empresarios estuvieron en la Revolución.

Sin embargo, para completar mi investigación me tuve que ir más atrás, y al no tener formación en esa área traté de adquirirla por otros medios. Compré algunos libros de historia, vi qué archivos consultaban y cómo los citaban y así, de a poco me fui formando. Aprendí haciendo. Revisando los registros que no conocía, encontré una veta impresionante para entender el origen de la burguesía, o más bien su fortalecimiento y el de los empresarios mexicanos. Recuerdo que, aunque el Archivo General de la Nación todavía no se abría al público, me dejaron entrar, me trataron excelente y me dieron mucha información.

Por otro lado, se encontraba el ambiente de la sociología de esa época, las corrientes marxistas y la Revolución cubana iban en total expansión y dominaban el pensar y hacer de la disciplina. La teoría de la dependencia de Cardoso y Faletto era la base. De tal suerte que, si tu texto no la consideraba o se planteaba con un enfoque marxista, no te publicaban nada. Esta, a mi juicio, radicalización, sumada a mi dificultad para entender de manera cabal el marxismo, me hizo optar por el trabajo en los archivos.

Estudié a los empresarios desde una óptica histórica y descubrí que este grupo no desapareció durante la Revolución. Ahora resulta obvio, pero yo hallé que se acomodaron, entre otras cosas, porque Madero, Huerta y Carranza los necesitaban para crear empleos y tener a la gente tranquila y que no se uniera a las revueltas. La historia me daba seguridad personal, considerando esta perspectiva me sentía más útil.



¿Cómo se legitima un sociólogo en la comunidad de los historiadores?

Legitimarme en la comunidad de historiadores fue muy duro, pues según ellos los sociólogos somos "rolleros". Lo que hacemos no vale la pena porque hablamos de siglos completos en dos páginas, además, para explicar los procesos de cambio recurrimos a pocas fuentes, en sus términos abusamos de la imaginación, escribimos desde la pura fantasía.

Al principio el gremio no me quería mucho, no reconocían mi trabajo y mi estrategia fue tratar de hacer las cosas bien. Incluso cuando me invitaron a evaluar a los historiadores en las comisiones del SNII, la comunidad no estaba nada contenta, pero resistí el embate y seguí de frente.

En los años ochenta y noventa del siglo pasado se puso de moda la historia regional, y también incursioné en el tema desde la región de la que soy originario: Tlaxcala.



¿Cuál considera que es el aporte de la sociología a los estudios históricos?

Creo que desde la sociología se pueden plantear diversas ideas con el fin de abordar los registros históricos. Dicha disciplina nos permite entender muchísimas cosas que a los historiadores les parecen complicadas porque no tienen la formación. Con todos los datos que obtenemos siguiendo un método de búsqueda minuciosa, los sociólogos contamos con más elementos para la interpretación. Cuando se hace un análisis histórico se deben introducir estos conceptos con sumo cuidado y rigurosidad si se pretende aumentar el valor del planteamiento y no demeritarlo ante los ojos y trabajos de los historiadores.

A lo largo de mi carrera aproveché las ideas y explicaciones que encontraba desde la sociología, y así pude transitar sin mucho problema a la historia. Dichas claves me permitían analizar los indicios. Eso fue lo que me pasó al estudiar las clases sociales, los empresarios, los sindicatos, las huelgas. Todos estos conceptos los tomé de la sociología, eligiendo siempre lo más adecuado para la interpretación sociológica de mis rigurosos datos históricos.

Ahora puedo decir, a riesgo de parecer un poco presuntuoso, que tengo más obra que otros historiadores de mi generación, y mis análisis son más sólidos. Como ejemplo de lo anterior podría citar mi trabajo sobre haciendas de Tlaxcala donde pude, a partir de la observación de una hacienda ganadera, analizar cómo el reparto de dichas tierras no benefició a los campesinos, pues los campos ocupados por el ganado no eran útiles para la agricultura, y sí acabó con esa actividad y con otros negocios derivados de ella.



¿Qué lo lleva a involucrarse en el tema de los exiliados mexicanos de la primera mitad del siglo XX?

A mis más de 80 años de edad he podido leer toda una biblioteca. Revisando periódicos de la segunda década del siglo XX me encontré, por ejemplo, con artículos que daban cuenta de la gran popularidad de Victoriano Huerta. Era un tipo muy afamado. De inicios (febrero) a fines de 1913 la gente acudía al Palacio Nacional a brindarle su apoyo. Quienes lo apoyaban no querían el desorden del zapatismo: intelectuales, académicos, incluso empresarios que al final terminan saliendo del país por la Revolución.

Zapata y su caos no eran muy bien vistos y la destrucción que hicieron Carranza y Villa tampoco. Estos personajes sembraron un odio terrible entre la población, todos los hacendados, industriales y muchos artistas y pensadores terminaron abandonando sus tierras y refugiándose en la Ciudad de México o en el extranjero. En uno de mis libros, *La reacción mexicana y su exilio durante la Revolución de 1910*, registro unos 300 intelectuales, académicos y empresarios que huyeron. Salieron a la Habana y a Estados Unidos. A Europa no tanto debido a que también se econtraba en guerra.

A mi juicio, este éxodo fue perjudicial para el país porque la gente pensante, las personas más inteligentes se fueron y se quedaron los golpeadores, la fuerza bruta. Los carrancistas, obregonistas y callistas que se pegaban entre ellos. En el texto hice alrededor de 10 grupos de los distintos exiliados: médicos, ingenieros, toreros, artistas e incluso se fue el rector de la Universidad. Podemos mencionar a Julián Carrillo y Manuel M. Ponce. Mi obra es única en el tema de los refugiados mexicanos de esa época, no hay otra. Aunque se trataron de hacer equipos para abordar esa cuestión, por ejemplo, en el Colegio de México, no hubo éxito.

También trabajé sobre el asesinato de Obregón, pero desde otra perspectiva, pues no me parecía lógico que una monja, la madre Conchita, pudiera con los ejércitos y lograra ultimarlo. Ni ella ni su congregación contaban con los recursos o la fuerza para mandar liquidarlo, tuvo que ser alguien de más arriba, quizá el episcopado.

Asimismo, incursioné en el estudio de la creación de la Iglesia católica y apostólica mexicana encabezada por el patriarca Pérez, quien decidió fundarla porque se percató de que la gente necesitaba atención, confesarse, escuchar misa y bautizar a sus niños. Así que él, desde la parroquia donde se encontraba, la de Corpus Christi, situada cerca de la Alameda, recibía y proporcionaba sacerdotes a distintas entidades de la república. Tengo los daros sobre cuántos clérigos hubo, especialmente en las zonas indígenas. Dicha iglesia creció mucho pues la Iglesia católica apostólica romana cerró los templos. Se quedaron en su casa y el patriarca Pérez, con su gente, brindó apoyo espiritual a la población. Esta iglesia terminó en 1931 porque al morir el patriarca Pérez, los sacerdotes comenzaron a pelear por el patriarcado.

A mí me gusta trabajar sobre asuntos nuevos, originales. Siempre les digo a mis alumnos vayan al Archivo General de la Nación y revisen los ficheros, hay muchos temas de investigación sin explorar.



¿Me puede hablar un poco de su papel en el rescate de personajes considerados como "villanos" en la historia oficial?

A lo largo de mi carrera académica he rescatado personajes como los citados líneas arriba y otros satanizados por la historia oficial, por ejemplo, los hermanos Arenas. De origen tlaxcalteca, se adhirieron al Plan de Ayala, otorgando una gran cantidad de tierras en Texcoco, Puebla y Tlaxcala. Sin embargo, y a pesar de eso, fueron acusados por Zapata de traidores al Plan de Ayala, e incluso se mandó asesinar a Domingo Arenas, el cabecilla del movimiento. Pude corroborar la información de la dimensión del reparto de tierras encabezada por ellos con los datos que encontré en la Comisión Nacional Agraria, vi las hectáreas distribuidas e hice las cuentas y llegué a la conclusión de que entregaron tres o cuatro veces más que los zapatistas y sus seguidores. Lo que publiqué sobre el tema no cayó muy bien ni entre los poblanos, ni entre otros investigadores. Pero muestro los datos. No es rollo, estoy desmitificando la historia oficial.

Ese tipo de argumentos son en los que he trabajado. He transitado contrapunteándome con la versión oficial de la historia. En ocasiones, algunos especialistas y otras personas se disgustan conmigo. Me encuentro colegas que señalan que difundo cosas terribles, por ejemplo, en apoyo a Huerta, pero el asunto fue así. En el caso específico de Huerta encontré que hubo un tiempo en que la gente lo respaldaba por su mano dura. No era tan idealista como Madero, quien pensó que estábamos en Suiza y al final todos lo traicionaron.

Sin embargo, considero que, a fin de cuentas, muchas personas han sido receptivas a mis trabajos y a los temas que abordo, comenzando por mis alumnos. Ellos han defendido mi enfoque acerca de los asuntos que investigo y han seguido analizándolos, lo que incluso les ha creado dificultades en sus centros laborales.



¿Qué le ha dado el doctor Ramírez a la UNAM y esta qué le ha dado a usted?

La UNAM me brindó los recursos y conocimientos para hacer una carrera académica y personal. Yo a la UNAM le he dado mi trabajo duro que ha sido reconocido en varios lugares. Comenzando por mi tierra, Tlaxcala, donde pusieron una placa conmemorativa con mi nombre en el pueblo en el que nací, Españita. Me han buscado personajes de la región y por supuesto alumnos de este estado y de otras partes de la república. También abrí temas sobre los que todavía hay poco

estudio, como el de las haciendas de Tlaxcala, los exiliados mexicanos o la reivindicación de algunas figuras.

El trabajo que yo he hecho es recuperar la historia de ciertos personajes e instituciones "olvidadas" y he tratado, desde el cariz de la sociología, de darles un nuevo brillo.

Muchas gracias, doctor Ramírez.

Descarga aquí nuestra versión digital.

Desmitificando la historia oficial, la labor del sociohistoriador Mario Ramírez Rancaño

RESUMEN

El artículo versa sobre la trayectoria científica de Mario Ramírez Rancaño; rescata las aportaciones que a partir de la sociología se pueden hacer al análisis de datos históricos. El doctor Ramírez Rancaño se ha dedicado a registrar historias de personajes y acontecimientos poco abordados desde la perspectiva oficial, o bien a buscar interpretaciones de estos distintas a las oficialistas. Algunos de los sucesos documentados por el doctor Ramírez Rancaño son: el papel de los empresarios durante la Revolución, los exiliados mexicanos de la primera mitad del siglo XX, la vida y obra de Victoriano Huerta, entre otros. Procurando siempre abrir nuevos debates en el análisis de la historia nacional de México.

Palabras clave: exiliados mexicanos, sociología, historia regional.

Demystifying official history: the work of socio-historian Mario Ramírez Rancaño

ABSTRACT

This article examines the scholarly career of Mario Ramírez Rancaño, highlighting the contributions that sociology can offer to the interpretation of historical data. Dr. Ramírez Rancaño has dedicated himself to documenting the stories of figures and events often overlooked by official narratives, or to seeking interpretations of historical events that differ from the established orthodoxy. Among the topics he has documented are the role of business leaders during the Revolution, Mexican exiles in the first half of the 20th century, and the history of Victoriano Huerta, always aiming to spark new debates regarding the analysis of Mexico's national history.

Keywords: mexican exiles, sociology, regional history.

Sustentabilidad ecológica

Los residuos amenazan la sustentabilidad

Pedro César Cantú-Martínez*
ORCID: 0000-0001-8924-5343

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

Los residuos son una parte inevitable del devenir de la vida moderna, producto de actividades industriales, comerciales y domésticas. En este sentido, a medida que la población mundial se incrementa y los esquemas de consumo cambian y varían con el tiempo, el cometido de llevar a cabo una gestión adecuada de desechos se convierte en un reto crítico para el desarrollo sustentable en distintos países (Machado y Saldaña. 2022). De esta manera, el destino de los residuos como el curso negativo de una serie de sucesos se cierne también sobre la misma humanidad al aumentar dichos patrones insustentables que promueven altas cantidades y que proceden por la prominencia en el consumo de bienes y servicios.

Por consiguiente, el peligroso inconveniente medioambiental se debe a las prácticas y costumbres económicas que la sociedad ostenta en relación con un dispendio escandaloso, observable en un derroche despreocupado y que no contempla la contingencia de la declinación de los recursos y del equilibrio natural (Sánchez-Muñoz *et al.*, 2019). Por esta razón, examinaremos qué son los residuos, sus diferentes tipos y el impacto que tienen en nuestro entorno, para finalizar con algunas consideraciones.

¿QUÉ SON LOS RESIDUOS?

Los residuos, de manera general, son materiales que, tras desempeñar su cometido como función en la sociedad y ser empleados para distintos propósitos, su propietario los descarta porque carecen de valor o beneficio, además de ya no ser susceptibles de ser revalorizados. De acuerdo con el *Diccionario de la lengua española* (2025), la palabra residuo proviene del latín *residuum*, que refiere a aquel material remanente o sobrante de todo insumo, resultado de la producción, empleo o aprovechamiento de enseres, manufacturados o no, para un propósito de consumo. Su estado físico, por lo regular, es sólido o semisólido, liquido o también gas. Estos son consecuencia de los sistemas de manufactura y utilización social (Cortés, 2018).

Hoy en día, su abundancia se debe a la ausencia de una responsabilidad generalizada desde los fabricantes, luego los esquemas de consumo que desencadenan la incorrecta gestión que lleve a su disminución o bien su destino final. De tal manera que en las últimas cuatro décadas la problemática se ha incrementado en distintas partes del planeta (Pereira, 2019). Por ello es necesario establecer mecanismos que fortalezcan una relación más sostenible entre la producción, consumo y disposición de estos elementos, dada la envergadura de generación que alcanza la cifra en el mundo de 2,010 millones de toneladas de residuos sólidos y para los próximos 30 años se estima que aumente hasta en un 70% (Grupo Banco Mundial, 2018).

CATEGORIZACIÓN DE RESIDUOS

Coexisten muy variadas categorizaciones, en este aspecto se pueden clasificar mayormente en sólidos, líquidos, orgánicos y peligrosos, los cuales particularizaremos a continuación.

Residuos sólidos

Representan aquellos con características particulares en función de su composición química y física. La variabilidad en estas singularidades determina su gestión, ya que cada tipología puede contaminar el entorno de forma distinta (López-Yamunaqué e Iannacone, 2021).



Se considera que los residuos sólidos constituyen el elemento más visible de la problemática ambiental, debido a su gran cantidad, su frecuente disposición inadecuada y a las repercusiones tan patentes que generan en el paisaje. En relación con su procedencia, pueden ser domésticos, comerciales, industriales, sanitarios, hospitalarios, animales y vegetales. La contaminación originada por estos residuos afecta el entorno natural, además están asociados a las actividades rutinarias del ser humano (Aguilar *et al.*, 2018).

Residuos líquidos

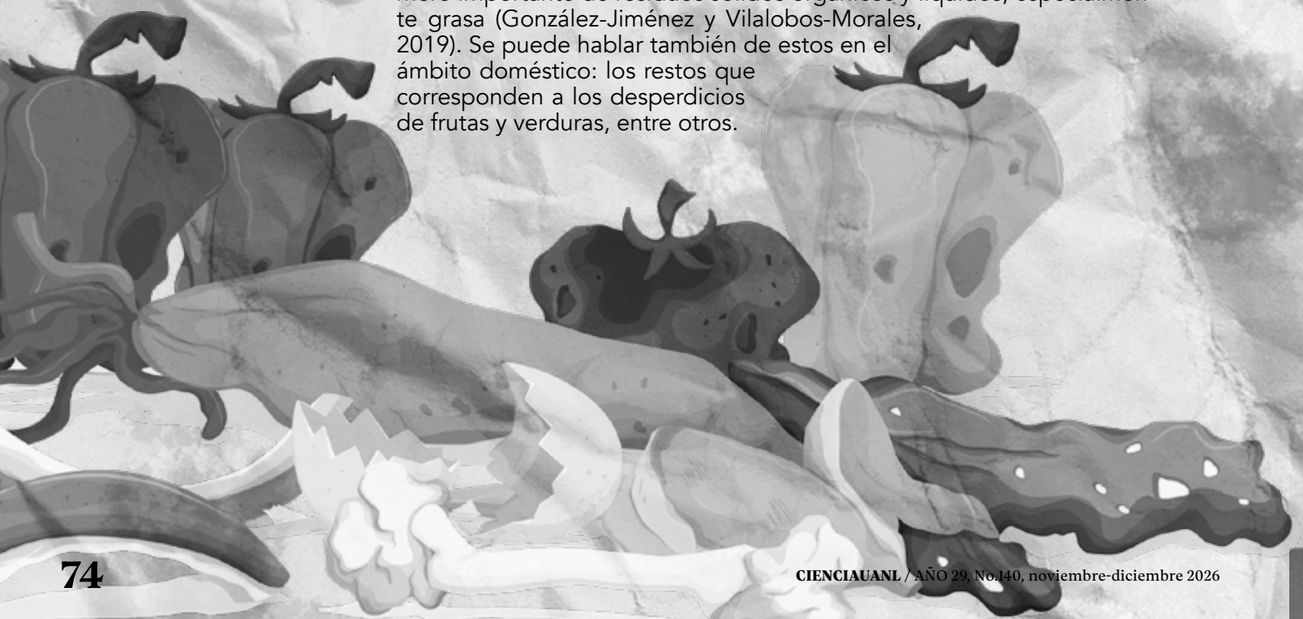
Son aquellos conformados por agua, o bien desechos disueltos resultado del proceso o labores que se desarrollan en una institución, empresa o ámbito domiciliario. Se caracterizan en función de donde provienen (Alvarado, 2018). Muchas actividades, como las agrícolas, brindan aguas residuales cargadas de pesticidas, insecticidas y herbicidas que contaminan las fuentes superficiales y subterráneas. Gran cantidad de estos desechos, naturalmente, vuelven a través de un ciclo hidrológico a su origen, dado que suelen presentar la característica de ser imposibles de eliminar.

Por tal razón, con frecuencia se debe recurrir a otros medios para atenuar sus efectos sobre el ambiente (Sánchez-León y Cruz-Virosa, 2015). Dentro de dicha categoría se encuentran las aguas residuales, que contienen sustancias químicas, restos de hidrocarburos, materia orgánica, bacterias y hongos, por mencionar algunas (González, 2019). Existen diversas catalogaciones de estas, de acuerdo con su origen. Por ejemplo, se nombran domésticas las provenientes de inodoros, cocinas y lavaderos. Se denominan comerciales las utilizadas en servicios en hoteles, mercados y lugares de esparcimiento. Se citan industriales las generadas por las fábricas y establecimientos en los procedimientos de preparación de productos, limpieza de equipos, drenaje de calderas, líneas de proceso y áreas de trabajo, por aludir algunos.

Residuos orgánicos

Como bien indica su nombre, son materiales de origen orgánico y por ello biodegradables, generados por la actividad humana (Correa *et al.*, 2020). Su fuente es, en su mayoría, la producción, preparación y consumo de alimentos. También provienen de las labores agrícolas, poda o restos de cosecha, y del sector ganadero, que genera cantidades mayúsculas de deyecciones.

El área alimentaria produce, dentro del fragmento comercial, un número importante de residuos sólidos orgánicos y líquidos, especialmente grasa (González-Jiménez y Vilalobos-Morales, 2019). Se puede hablar también de estos en el ámbito doméstico: los restos que corresponden a los desperdicios de frutas y verduras, entre otros.



Residuos peligrosos

Son materiales generados en diversos procesos de producción y consumo, los cuales poseen características que los hacen peligrosos o potencialmente dañinos para la salud humana y el medio ambiente. Pueden ser inflamables, corrosivos, reactivos, tóxicos y biológicos infecciosos, y requieren un tratamiento y disposición especial con el objetivo de mitigar sus efectos nocivos y prevenir cualquier daño o contaminación (Secretaría de Medio Ambiente, 2025).

Las características que atribuyen peligrosidad a estos desechos pueden estar presentes desde el inicio de su generación en el proceso productivo, o adquirirse durante su manipulación y disposición, debido a la mezcla de los residuos con otros materiales que originan cambios en sus propiedades físicas o químicas (AMDA, 2025). Por lo tanto, para proteger la calidad sanitaria del entorno, la salud pública y el contexto

ambiental, su almacenamiento, transporte, tratamiento, reutilización, aprovechamiento y disposición final deben adecuarse a su naturaleza, buscando minimizar el volumen y la peligrosidad de estos.

IMPACTO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS

La dispersión o acumulación de residuos de cualquier tipo provoca alteraciones en las características en el medio que pueden ser identificadas. Cuando estas perturbaciones alcanzan determinados niveles o límites no permisibles se considera que existe un problema de contaminación (Giutsi, 2009). En efecto, los restos tienen afecciones bien diferenciadas, y resultan en alteraciones para la atmósfera, el suelo o de fuentes superficiales y subterráneas proveedoras de agua.

Así tenemos que los lixiviados deterioran la calidad del recurso hídrico, en tanto, la descomposición de desechos orgánicos libera metano y bióxido de carbono, que son gases de efecto invernadero y su combustión emite vapores tóxicos y micropartículas al aire. Mientras la degeneración y disposición de restos en el suelo conllevan el cambio en las características y cualidades de este, promoviendo, por ejemplo, la pérdida de fertilidad. El grado de alteración que sufre cada uno de los entornos varía en función de las particularidades de los residuos, y la valoración general de unos y otros permite establecer la jerarquía o predominio de los desperdicios más dañinos (Regadío *et al.*, 2015).

Al tasar estos contaminantes, también se puede evaluar la probabilidad de los efectos adversos para la salud humana y ecosistémica (Grupo Banco Mundial, 2018; Salinas, 2019). En este rubro, los residuos se erigen en un factor promotor de enfermedades como la trasmisión de tifus, cólera, hepatitis, dengue, salmonelosis, por citar algunas, al albergar diferentes vectores que se instituyen en fauna nociva o bien, conlleva que los desechos se conviertan en vehículos que propagan estos padecimientos (Escalona-Guerra, 2014). Además, los residuos se yerguen en elementos que permiten una mayor exposición a productos químicos y metales pesados, que afectan órganos vitales y el sistema nervioso de las personas, con lo cual aumentan la posibilidad de generar cáncer (Limache-Rivas, 2024).

CONSIDERACIONES FINALES

Hoy en día, los entornos urbanos y complejos productivos están creciendo muy rápidamente. Por eso, es importante plantearse el buen manejo de residuos para procurar coexistir en zonas sanitaria y ecológicamente adecuadas que permitan la sustentabilidad. Ya que, de seguir por esta senda, implicaría acrecentar los impactos negativos sobre el entorno y la salud humana.

Por esto, una gestión responsable de los desechos contribuiría a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación. Sin embargo, en las condiciones actuales –según las tendencias–, el escenario en un futuro no resultará tan alentador como ahora, dado que se agravarán las problemáticas presentes y surgirán otras de manera insospechada.

REFERENCIAS

Aguilar, Rodolfo, Valiente, Yoni, Oliver, Domingo, *et al.* (2018). Inadecuado uso de residuos sólidos y su impacto en la contaminación ambiental, *Sciendo*, 21(4), 401-407, DOI: https://doi.org/10.17268/sciendo.2018.044

Alvarado, Flor. (2018). *El tratamiento de residuos industriales líquidos, una revisión de la literatura* (trabajo de investigación), Universidad Privada del Norte, http://hdl.handle.net/11537/24190

Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA). (2025). *Guía rápida de residuos peligrosos*, https://www.amda.mx/wp-content/uploads/ARCHIVOS-AMBIENTAL/Gui%CC%81a%20ra%CC%81pida%20Residuos%20Peligrosos%20.pdf
Correa, Carmen R.B., Díaz, Juan, Gil, Carla, *et al.* (2020). Dinámica de la descomposición de residuos orgánicos, *Suelos Ecuatoriales*, 50(1), 31-39, https://doi.org/10.47864/SE(50)2020p31-39_123
Cortés, Carolina M. (2018). Estudio de los residuos sólidos en Colombia, Colombia, *U. Externado*, https://doi.org/10.57998/bdigital.handle.001.2327
Diccionario de la Lengua Española (2025). *Residuo*, https://dle.rae.es/residuo
Escalona-Guerra, Elieser. (2014). Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste, *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(2), 270-277, https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubhigepi/chi-2014/chi142k.pdf
Giusti, Lorenzo. (2009). A review of waste management practices and their impact on human health, *Waste Management*, 29, 2227-2239, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X09001275
González, José E. H. (2019). Gestión de vertimientos líquidos de la industria del almidón de yuca en Santander de Quilichao, *Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 4, 44-56, https://doi.org/10.23850/23899573.2091
González-Jiménez, Yuliana, Villalobos-Morales, Josué (2021). Manejo ambiental de residuos orgánicos: estado del arte de la generación de compostaje a partir de residuos sólidos provenientes de sistemas de trampas de grasa y aceite, *Revista Tecnología en Marcha*, 34(2), 11-22, https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4843
Grupo Banco Mundial. (2018). *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos,* https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management
Limache-Rivas, Miguel A. (2024). Contaminación de residuos sólidos y sus efectos en la salud de la población urbana, *Revista InveCom*, 5(3), 1-11, https://doi.org/10.5281/zenodo.14270926
López-Yamunaqué, Annie, Iannacone, José A. (2021). La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en América Latina, *Paideia XXI*, 11 (2), 453-474, https://doi.org/10.31381/paideia.v11i2.4087
Machado, Josué T., Saldaña, Yoni M. V. (2022). Manejo de residuos sólidos para reducir la contaminación del medio ambiente: revisión sistemática, *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 578-601, https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2605
Pereira, Eduardo V. (2019). *Residuos sólidos*, Editora Senac São Paulo.
Regadío, Mercedes, Ruiz, Ana I., Rodríguez-Rastero, Manuel, *et al.* (2015). A containment and attenuating layers: An affordable strategy that preserves soil and water from landfill pollution, *Waste Management*, 46, 408-419, https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.08.014
Sánchez-León, Edik, Cruz-Virosa, Ibis. (2012). Procedimiento para el manejo de residuales líquidos industriales. Aplicación en Gydema, Cienfuegos, *Tecnología Química*, 32(2), 121-130, https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543776002.pdf
Sánchez-Muñoz, María D. P., Cruz-Cerón, José G., Maldonado-Espinel, Paula C. (2019). Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la perspectiva de la generación, *Revista Finanzas y Política Económica*, 11(2), 321-336, https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2019.11.2.6
Secretaría de Medio Ambiente. (2025). *Residuos peligrosos*, http://data.sedema.cdmx.gob.mx:8081/residuos/index.php/tipos-de-residuos/residuos-peligrosos

Descarga aquí nuestra versión digital.

Los residuos amenazan la sustentabilidad

RESUMEN

Los residuos son una parte inevitable del devenir de la vida moderna, producto de actividades industriales, comerciales y domésticas. Estos pueden ser sólidos, líquidos, orgánicos y peligrosos. Su disgregación o aglomeración induce transformaciones en las particularidades del entorno fácilmente reconocibles. Cuando estas modificaciones alcanzan determinados límites no permitidos se descubre que concurre un inconveniente llamado contaminación. Como resultado, se altera la calidad sanitaria y ecológica del ambiente. Así, en las circunstancias actuales se empeorarán las contingencias y brotarán otras de manera impensada, comprometiendo la sustentabilidad.

Palabras clave: residuos, contaminación, ambiente, salud, sustentabilidad.

Waste threatens sustainability

ABSTRACT

Waste is an inevitable part of the evolution of modern life, which is produced by industrial, commercial and domestic activities. These can be solid, liquid, organic, and hazardous. The disintegration or agglomeration of waste induces transformations in the particularities of the environment that can be recognized. When these modifications reach certain limits that are not allowed, it is discovered that there is a problem called pollution. These alter the sanitary and ecological quality of the environment. Thus, in the current circumstances, contingencies will worsen and others will emerge in an unthinkable way, compromising sustainability.

Keywords: waste, pollution, environment, health, sustainability.

COLABORADORES

Alan Michael Pérez Hernández
Clínico por la UASLP. Maestro en Ciencias, con especialidad en Infectómica y Patogénesis Molecular, por el Cinvestav. Sus líneas de investigación se enfocan en el estudio de la organogénesis, biología del desarrollo de mosquitos vectores arbovirales y biología comparativa con modelo de *Drosophila*. Especialista en técnicas de biología molecular, microscopía de fluorescencia de superresolución y microscopía electrónica, integrando enfoques morfológicos y moleculares para el diseño de estrategias de intervención y biocontrol de mosquitos de importancia médica.

Alina Olalla Kerstupp
Bióloga y doctora en Ciencias Biológicas. Profesora-investigadora de tiempo completo en el Departamento de Zoología de Vertebrados de la FCB-UANL. Sus líneas de investigación se enfocan en la ecología y conservación de aves, así como en el estudio de contaminantes ambientales y sus efectos en la fauna silvestre. Cuenta con Perfil Deseable Prodep y forma parte del Cuerpo Académico Consolidado "Ecología y Biodiversidad". Miembro del SNII, nivel I.

Carlos Eduardo Guzmán-Martínez
Doctor en Ciencias, en Ingeniería Química, con experiencia en diseño, simulación, optimización y control de procesos. Su trayectoria combina la investigación en biorrefinerías, análisis de riesgos y valorización de residuos agroindustriales con docencia en ingeniería de procesos.

Carlos Ramírez Martínez
Biólogo por la UAM. Doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Profesor titular B de tiempo completo de la FMVZ-UANL. Su trabajo se enfoca al manejo sustentable de cuencas, el uso de sistemas complejos aplicados al aprovechamiento integral de los recursos naturales y al diseño y operación de modelos de desarrollo institucional basado en principios de sustentabilidad. Director de Desarrollo de Proyectos de la Secretaría de Sustentabilidad de la UANL.

David Gael Zamorano-Maldonado
Estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial en la FI-UAQ. Actualmente se encuentra en sus últimos semestres y colabora en proyectos de investigación como la fermentación del suero de queso.

Diana Reséndez Pérez
Profesora de tiempo completo titular D de la FCB-UANL. Sus áreas de investigación se centran en biología del desarrollo, neurociencias y cáncer, utilizando como modelo *Drosophila melanogaster*. Jefa del Departamento de Biología Celular y Genética. Coordinadora de la Facultad de Ciencias Biológicas. Miembro del SNII, nivel II.

Eduardo Alanís Rodríguez
Ingeniero forestal, maestro en Ciencias Forestales y doctor en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales por la UANL. Profesor investigador de la FCF-UANL. Miembro del SNII, nivel II.

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar
Ingeniero ambiental y maestro en Energías Renovables por la UPChiapas. Doctor en Ingeniería por la UNAM y en Biocombustibles por la UFVJM, en Brasil. Posdoctorante en el Centro Mexicano para la Producción más Limpia del IPN, donde desarrolla proyectos enfocados en la producción y purificación de biogás dentro del marco de la bioeconomía circular. Miembro del SNII, nivel I.

Gabriel Ruiz-Ayma
Biólogo y doctor en Ciencias Biológicas. Profesor-investigador en la FCB-UANL. Sus líneas de investigación incluyen ecología aplicada, conservación de especies y hábitats, así como el uso de herramientas de campo, análisis espacial y métodos cuantitativos para el estudio de la biodiversidad. Miembro del Cuerpo Académico Consolidado UANL-CA-318 Ecología y Biodiversidad y del SNII, nivel I.

Gustavo Jiménez Mejía
Profesor de la FCB-UANL. Investigador del Departamento de Biología Celular y Genética, con doctorado en Ciencias, con orientación en Inmunobiología, por la UANL. Sus áreas de investigación se centran en biología del desarrollo y molecular e ingeniería genética. Miembro del SNII, nivel candidato.

Jesús Guillermo Hernández Martínez
Ingeniero agrónomo general UJAT. Maestro en Ciencias, con especialidad en Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente, por la UAT. Estudiante del Doctorado en Ciencias en Biología, ITCV. Su línea de investigación son las malezas y recursos fitogenéticos.

José Ignacio González Rojas
Biólogo, maestro en Ciencias, con especialidad en Manejo de Vida Silvestre, y doctor en Ciencias, con especialidad en Ecología, Summa Cum Laude por la UANL. Profesor titular de tiempo completo y jefe del Laboratorio de Ornitología en la FCB-UANL. Líder del Cuerpo Académico Consolidado UANL-CA-318 Ecología y Biodiversidad, miembro del SNII, nivel II. Titular de la SICyDT-UANL.

José Israel Yerena Yamallel
Ingeniero forestal, maestro en Ciencias Forestales y doctor en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales por la UANL. Profesor investigador en la FCF-UANL. Miembro del SNII, nivel I.

Luis Gerardo Cuéllar Rodríguez
Ingeniero forestal y maestro en Ciencias Forestales por la UANL. Doctor en Ciencias, en Fitosanidad-Entomología y Acarología, por el Colegio de Posgraduados. Profesor investigador de la FCF-UANL. Miembro del SNII, nivel I.

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.

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 Publica de México.

Raúl Hernández Altamirano
Ingeniero químico industrial por el IPN. Maestro y doctor en Ciencias por el Instituto Mexicano del Petróleo. Profesor titular "C" adscrito al Centro Mexicano para la Producción más Limpia. Miembro del SNII, nivel II. Profesor colegiado del CMP+L; forma parte de los cuerpos académicos de la Maestría en Ingeniería en Producción más Limpia y del Doctorado en Energía Responsable del área de investigación del Laboratorio Nacional de Desarrollo y Aseguramiento de la Calidad de Biocombustibles acreditado por Conacyt. Experto del grupo de biodiésel de la Red ECOs de Energía y Medio Ambiente de la Ciudad de México. Ha desarrollado procesos para la obtención de biocombustibles y productos de valor agregado.

Valeria Caltzontzin-Rabell
Profesora-investigadora de la FI-UAQ. Su línea de investigación se enfoca en aprovechar residuos orgánicos con tratamientos biológicos que involucran insectos y fermentaciones. Forma parte de MotusLab, una asociación civil que busca la divulgación del arte, ciencia y la tecnología. Miembro del Comité de Ética Aplicada a la Investigación de la FI y del SNII, nivel I.

Violeta Yasmín Mena Cervantes
Profesora titular "C". Doctora y maestra en Ciencias, con especialidad en Química Aplicada, por el Instituto Mexicano del Petróleo. Responsable técnica del LaNDACBio. Coordinadora experta de la Red Ecos de Biodiésel de la Ciudad de México. Imparte cursos a nivel licenciatura y posgrado en el IPN sobre contaminación atmosférica, procesos de obtención de biocombustibles, química inorgánica y energías alternas. Miembro del SNII, nivel II.

Lineamientos de colaboración
CienciaUANL

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

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

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

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

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

Criterios generales

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

- El artículo deberá contener claramente los siguientes datos: título del trabajo, autor(es), código identificador ORCID, institución y departamento de adscripción laboral (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios) y dirección de correo electrónico para contacto de cada investigador.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias utilizadas en el texto; éstas deberán citarse en formato APA, incluyendo nombre y apellidos de la autoría.
- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, además de cinco ideas y cinco palabras clave.
- Los autorores 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 edito **CIENCIAUANL** / AÑO 29, No.140, noviembre-diciembre 2026 res 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 subirse en la página:
https://cienciauanl.uanl.mx/ojs/index.php/revista/index

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

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

¡SÍGUENOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES!



Instagram: @revistaciencia_uanl

Facebook: RevistaCienciaUANL

UANL
VISIÓN UANL 2040
La excelencia por principio en la educación como instrumento
9 779306 184011 40
Indexada en:
PERIÓDICA
biblat
Actualidad Iberoamericana
Índice Internacional de Revistas
CUIDEN
latindex
CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICA"