



**Educación**  
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



INSTITUTO  
TECNOLÓGICO DE LINARES



Red Nacional de  
Monitoreo  
y Recolección de  
Datos

# CONGRESO VIRTUAL INTERNACIONAL



# DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS

REVISTA N.º 2 | 2025 ISSN: 2992-8745

**“RED NACIONAL DE MONITOREO Y  
RECOLECCIÓN DE DATOS”**



# REVISTA TÉCNICO CIENTÍFICA

## NÚMERO 2



Congreso Virtual Internacional de Desarrollo Sustentable y Energías Alternativas, número 2, 13 marzo 2025 - 13 marzo 2026, es una publicación anual editada por el Tecnológico Nacional de México, Avenida Universidad 1200, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, teléfono 5536002511 Ext. 65092, correo [d\\_vinculacion05@tecnm.mx](mailto:d_vinculacion05@tecnm.mx), a través del Instituto Tecnológico de Linares, Carretera Nacional Km 157, C.P. 67700. Linares, Nuevo León, México. Contacto: 8211267568, [acad\\_linares@tecnm.mx](mailto:acad_linares@tecnm.mx), <https://www.linares.tecnm.mx/revista.php> Editor Responsable: Ericka Maldonado Pesina. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2024-031313262700-102, ISSN: 2992-8745, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Centro de Cómputo, Alex Fernando López Rodríguez, Carretera Nacional Km 157, C.P. 67700. Linares, Nuevo León, México. Fecha de la última modificación: 21 de diciembre de 2025. Queda prohibida la reproducción total o parcial en cualquier medio, del contenido de la presente revista electrónica, sin contar con la autorización del Instituto Tecnológico de Linares.

## COMITÉ ORGANIZADOR

Maria Elizabeth Vallejo Ramos  
Presidenta Honoraria del Congreso  
Directora del Instituto Tecnológico de Linares

Ericka Maldonado Pesina  
Presidenta del Comité Organizador

Sanjuanita Perales Hernández  
Vicepresidenta del Comité Organizador

Oscar Mario Galarza Sosa  
Miguel Ángel Gallegos de la Cruz  
Coordinador del Comité Científico y Editorial

Cesar Iván Elizondo Guzmán  
Susana del Carmen Torres Morales  
María Guadalupe Martínez Dueñas  
Luis Ángel Zúñiga Banda  
Víctor Hugo Pérez Briseño  
Marco Aurelio Aldape Salazar  
Silvia Guadalupe Hernández González  
Coordinador del Proceso de Registro y Control de Asistencia

Alex Fernando López Rodríguez  
Coordinador de Diseño de Página Web y Sistema de Control del Congreso

Catalina Martínez García  
Coordinadora de Diseño, Comunicación y Difusión del Congreso

Reyna Leticia Ortiz Aguirre  
Coordinadora de Gestión de Convenios para Actividades Científicas, Tecnológica y de Innovación

Perla Mata Mireles  
Coordinadora de Gestión de Pagos y Cobros

Alicia Chávez Álvarez  
Coordinadora de Infraestructura y Equipo

## COMITÉ CIENTÍFICO

Amira del Carmen Dagnino Olivas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Ariadna Colette Perpuli Ceseña, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Avigail Azucena Galnarez Anguiano, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Bertha Yadira Elizondo Nolazco, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Carlos Antonio Ríos Saldaña, Tecnológico Nacional de México/Universidad Autónoma de Coahuila

César Iván Elizondo Guzmán, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

César Martínez Tovar, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Claudia Carolina Lacruhy Enriquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Los Cabos

Cuitláhuac Mojica Mesinas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Cynthia Wong Arguelles, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Dulce Carolina Acosta Pintor, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Omar Espinosa Guerra, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Edgar Roberto Sandoval García, Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

Oscar Mario Galarza Sosa, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Erandi Lizzete Contreras Ocegueda, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros

Soraya Farach Rojo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Ericka Maldonado Pesina, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Susana del Carmen Torres Morales, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Fernando Díaz Hernández, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Gregorio Hernández Salinas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica

Habacuc Lorenzo Márquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Hugo René Lárraga Altamirano, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

José Francisco Coronado Vázquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

Juan Belisario Ibarra De La Garza, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Madaín Pérez Patricio, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

María Guadalupe Beltrán Lizárraga, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Martha Adelfa Ávalos Puga, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

La generación y difusión del conocimiento son fundamentales para avanzar hacia un desarrollo sostenible (1). En este contexto, la publicación de artículos de investigación de alta calidad académica en una revista multidisciplinaria, en el marco del 3er Congreso Internacional en Desarrollo Sustentable y Energías Alternativas, representa una oportunidad estratégica para fortalecer la producción científica y tecnológica en áreas de alto impacto.

El Tecnológico Nacional de México (TecNM), institución líder en educación superior tecnológica en México, ha establecido líneas estratégicas enfocadas en la investigación aplicada, la innovación y el desarrollo sostenible (2). La creación de una revista arbitrada en el contexto del congreso se alinea con estos ejes fundamentales y busca:

1. **Impulsar la producción científica y tecnológica:** La revista servirá como un canal de difusión para avances significativos en áreas prioritarias como energías renovables, soberanía alimentaria, eficiencia energética, economía circular, sostenibilidad industrial y mitigación del cambio climático. De esta manera, se contribuirá al desarrollo del país y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (3).
2. **Fortalecer la investigación aplicada:** Se difundirán resultados innovadores con impacto en la industria, el sector gubernamental y la sociedad, promoviendo la vinculación entre la academia y los sectores productivos.
3. **Fomentar la formación de talento y la cultura científica:** La revista ofrecerá un espacio para que estudiantes de licenciatura y posgrado divulguen sus hallazgos, incentivando la investigación desde etapas tempranas y promoviendo su participación activa en la comunidad académica.
4. **Consolidar redes de colaboración:** Se buscará establecer y fortalecer redes de colaboración académica y científica a nivel nacional e internacional, en línea con la estrategia del TecNM de potenciar el impacto global de sus investigaciones a través de publicaciones indexadas y de alto rigor científico.
5. **Promover la innovación y el desarrollo tecnológico:** Se difundirán proyectos que puedan generar soluciones tecnológicas sostenibles, modelos de emprendimiento verde y transferencia de conocimiento hacia el sector productivo.
6. **Contribuir a la mejora de políticas públicas:** La revista proporcionará evidencia científica que respalde la toma de decisiones y el diseño de estrategias en materia de sostenibilidad y energía a nivel local, nacional e internacional.

La revista del congreso se concibe como un espacio de referencia académica que promueve el rigor científico y la excelencia en la investigación, consolidando al TecNM como un actor clave en la producción de conocimiento técnico-científico para la sostenibilidad. Su impacto, más allá de la publicación de artículos, se proyecta como un catalizador para la generación de sinergias, el fortalecimiento del pensamiento crítico y la construcción de soluciones innovadoras que respondan a los grandes desafíos globales.

En este sentido, la revista no solo reflejará los avances científicos de frontera en el campo del desarrollo sostenible y las energías alternativas, sino que también se convertirá en un motor para la transformación académica, industrial y social, en concordancia con la misión del TecNM de formar profesionales altamente capacitados para enfrentar los retos del futuro y contribuir a la construcción de un mundo más sostenible.

**Referencias**

1. Naciones Unidas. (2021). Our Common Agenda. Nueva York: United Nations.
2. Tecnológico Nacional de México. (2024). Agendas Estratégicas del TecNM. México: TecNM.
3. Naciones Unidas. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolución A/RES/70/1 de la Asamblea General.

**AGRICULTURA SUSTENTABLE, SOBERANÍA ALIMENTARIA Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES**

Desarrollo de sensores de profundidad en tiempo real para la electromovilidad en agricultura y ganadería .....11

Optimización del secado del chile piquín para mejorar su calidad y vida de anaquel .....12

Cubiertos Comestibles: Una Alternativa Innovadora para Reducir la Contaminación por Plásticos.....13

Alimentación rica en proteínas derivada de insectos comestibles: impacto en salud humana y medio ambiente.....14

Alternativa ecológica de fertilización con extractos de ruda, ajo, cítricos y vinagre .....15

Diseño de un fermentador de semillas de cacao automatizado mediante monitoreo de humedad y temperatura .....16

Sembrando futuro: alimentación orgánica y conciencia ambiental.....17

Fertilizante orgánico por síntesis hidrotermal: evaluación de fitotoxicidad en maíz y frijol.....18

Análisis costo-efectividad del uso de ecotecnologías para la reforestación: un enfoque interdisciplinario .....19

Cooperativas pesqueras y seguridad alimentaria: diagnóstico de carencias y oportunidades en Matamoros, Tamaulipas .....20

Configuración neuronal profunda para la generación de datos sintéticos y la identificación de cultivos estresados .....21

Sostenibilidad del tiburón cazón *Rhizoprionodon terraenovae* en el Oeste del Golfo de México. ....22

Percepción estudiantil del Instituto Tecnológico de Matamoros sobre huertos familiares como una estrategia sustentable .....23

Prácticas sostenibles en la industria vitivinícola del noroeste de México .....24

Producción Sustentable de Harina a Base de Mahuacata para Fortalecer la Soberanía Alimentaria ..25

Usos del gigantón (*Tithonia diversifolia*) en comunidades nahuas de la Sierra de Zongolica, Veracruz .....26

**ECONOMÍA CIRCULAR, MANEJO DE RESIDUOS Y ESPACIOS 100% LIBRES DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO**

Reutilización de aceite comestible usado para fabricar jabón: solución sostenible contra la contaminación ambiental.....28

Producción de carbón ecológico a partir de aserrín reciclado como alternativa sustentable .....29

**EDUCACIÓN, CULTURA CIENTÍFICA Y PARTICIPACIÓN SOCIAL PARA LA SUSTENTABILIDAD**

Innovación en Biofiltros Naturales para Mejorar la Calidad del Aire .....31

Spray quita arrugas efectivo, seguro y sostenible para prendas en estilos de vida acelerados.....32

QuickClean: Innovador producto ecológico para limpieza de manos, elimina y residuos de forma efectiva.....	33
Desarrollo de gomitas de gordolobo para aliviar síntomas respiratorios con aceptación sensorial y valor tradicional.....	34
Evaluación sustituto de carbón vegetal hecho de papel comprimido y aserrín en cocción de alimentos.....	35
Abandono escolar: Desafíos para la inclusión y equidad de género en México .....	36
Desarrollo de Competencias Digitales para la Sustentabilidad mediante la Enseñanza de Programación en Comunidades Vulnerables .....	37
El Perfil del Tutor Ante el Nuevo Modelo Educativo del Tecnológico Nacional de México .....	38
Innovación en Seguridad Vial: Gafas Inteligentes para la Detección Temprana de Fatiga al Volante.....	39
Evaluación del diseño de información y experiencia de usuario en la plataforma digital Bosque Urbano.....	40
Dispositivo de Asistencia Visual para Personas con Discapacidad Visual durante el Desplazamiento Peatonal .....	42
<b>ELECTROMOVILIDAD Y SISTEMAS DE TRANSPORTE SOSTENIBLE</b>	
Evaluación del impacto económico de transición a camiones eléctricos de carga para un empresario hombre-camión .....	44
Factores clave en la gestión de baterías para la transición a vehículos eléctricos de carga.....	45

Corredor Interoceánico: Estrategia clave para un sistema de transporte sustentable en México .....	46
----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## GESTIÓN Y GOBERNANZA DEL AGUA, INNOVACIÓN EN SANEAMIENTO Y ASEGURAMIENTO HÍDRICO

AquaVida: Sistema portátil y ecológico para mejorar el acceso al agua limpia en comunidades rurales .....	48
Evaluar la sequía hidrológica en Sinaloa por bajo nivel en presas; tras precipitaciones en 2025 .....	49
Fabricación y evaluación fotocatalítica de recubrimientos de ZnO para la degradación de azul de metileno .....	50
Gestión Inteligente del Agua: Innovación para el Saneamiento y la Sustentabilidad Hídrica.....	51

## MONITOREO AMBIENTAL, BIG DATA Y ALERTA TEMPRANA DE FENÓMENOS METEOROLÓGICOS

Sistema de biofiltración natural para mejorar la calidad del aire .....	53
Estudio de Nanomateriales y Semiconductores para su Posible Aplicación en Remediación Ambiental .....	54
Plataforma de Operaciones de Aprendizaje Automático para Clasificar Imágenes con Datos Sintéticos.....	55
Importancia del monitoreo de la precipitación a escala subhoraria en zonas urbanas .....	56

## TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y NUEVAS TECNOLOGÍAS DE ENERGÍAS RENOVABLES

Análisis para el diseño de un mecanismo adaptado a un torniquete para captación de energía .....	58
Pobreza energética en localidades rurales indígenas aisladas: Desafíos para una transición energética sostenible.....	59
Determinación del Potencial Energético de Residuos Agrícolas, Forestales y Agroindustriales en el Estado de Michoacán.....	60
Influencia de los parámetros de depósito en películas delgadas de ZnO obtenidas por RF-Sputtering reactivo.....	61
Energía eólica: retos, avances e impacto estratégico en el desarrollo sostenible.....	62
Desarrollo de un calentador solar de aire y evaluación térmica para condiciones de bioclima semifrío.....	63

## ARTÍCULOS EN EXTENSO

Optimización del Secado del Chile Piquín (Capsicum annum L.) Var. Glabriusculum Para Mejorar su Calidad y Vida de Anaquel .....	65
Cubiertos Comestibles: una Alternativa Innovadora Para Reducir la Contaminación por Plásticos.....	73
Producción Sustentable de Harina a Base de Mahuacata para Fortalecer la Soberanía Alimentaria .....	81
Análisis del Comportamiento del Adobe Utilizado para la Construcción en la Región Sur de Tamaulipas .....	88

Reutilización de Aceite Comestible Usado Para Fabricar Jabón: Solución Sostenible Contra la Contaminación Ambiental.....	95
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Evaluación del Impacto Económico de Transición a Camiones Eléctricos de Carga Para un Empresario Hombre-Camión .....	103
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Sequía Hidrológica en Sinaloa por Bajos Niveles en Presas: tras Precipitaciones en 2025 .....	111
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Análisis de las Condiciones de Crecimiento de Películas Delgadas de V <sub>x</sub> O <sub>y</sub> Depositadas por Sputtering Reactivo .....	117
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Energía eólica: Retos, avances e impacto estratégico en el desarrollo sostenible.....	126
---------------------------------------------------------------------------------------	-----

## CARTELES

Reducción de Lactosa en Leche de Cabra con Tecnología de Membranas.....	131
-------------------------------------------------------------------------	-----

Influencia del Marketing Verde en la Decisión de Compra Ecológica en Estudiantes Universitarios .....	132
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Lo Humano de lo Artificial y lo Artificial de lo Humano .....	136
---------------------------------------------------------------	-----

Transporte Público Eléctrico como Eje de la Descarbonización Urbana en Ciudad de México .....	137
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Análisis integral de la electromovilidad y su red de estaciones de recarga.....	138
---------------------------------------------------------------------------------	-----

Análisis de un sistema híbrido de energías renovables en una localidad rural de Oaxaca .....	139
----------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía del mar.....	140
----------------------------------------------------------------------------------------	-----

Análisis de las condiciones de crecimiento de películas delgadas de V <sub>x</sub> O <sub>y</sub> depositadas por sputtering reactivo .....	141
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----



# AGRICULTURA SUSTENTABLE, SOBERANÍA ALIMENTARIA Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

## Desarrollo de sensores de profundidad en tiempo real para la electromovilidad en agricultura y ganadería

Pérez Patricio Madain  
Ocaña Valenzuela Ernesto Alonso  
Maldonado Pesina Ericka  
Osuna Coutiño Juan Antonio de Jesús

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez  
madain.perez.p@gmail.com

**Palabras clave:** Electromovilidad, Vehículos, Robótica.

El conocimiento de la profundidad en una escena permite estimar la distancia de los objetos respecto a un sistema de visión por computadora, lo cual proporciona a un robot la capacidad de desplazarse de manera autónoma. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo diseñar y validar un algoritmo de obtención de información de profundidad en tiempo real, aplicado a un robot autónomo eléctrico orientado a labores de agricultura y ganadería. La propuesta se enfocó en la implementación de un método basado en el contenido semántico de las regiones de la imagen, considerando descriptores que pudieran ser procesados en arquitecturas especializadas para garantizar una respuesta eficiente y oportuna. El desarrollo del prototipo contempló la parte algorítmica como la integración con sistemas de movilidad eléctrica, en concordancia con la tendencia internacional hacia la electromovilidad y el impulso nacional de la SECIHTI (Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación Conocimiento al servicio de México), como motor económico y tecnológico. La validación preliminar en campo se realizó con un robot autónomo probado en terrenos planos, capaz de recorrer rutas predefinidas y ajustar su trayectoria en

función de la información de profundidad generada por el sistema de visión. Los ensayos mostraron que el prototipo puede desplazarse de manera estable y confiable en entornos agrícolas, con disponibilidad de tiempo para la recarga de baterías, lo que constituye una ventaja significativa frente a la movilidad convencional en zonas rurales. Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad técnica de integrar algoritmos de visión por computadora con plataformas de electromovilidad, lo que abre la posibilidad de fortalecer la autonomía de robots eléctricos en labores agropecuarias. Este trabajo representa un avance inicial hacia la incorporación de tecnologías de percepción visual en el campo, contribuyendo a mejorar la eficiencia de los procesos agrícolas y ganaderos mediante soluciones innovadoras y sostenibles.

## Optimización del secado del chile piquín para mejorar su calidad y vida de anaquel

Santiago Torres Guerrero  
Elizondo Nolazco Bertha Yadira

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
sguerrero@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** Deshidratación, Chile piquín, Calidad.

El chile es un cultivo fundamental para México, ocupa el segundo lugar mundial en su producción con 1.8 millones de toneladas anuales. Su consumo, especialmente del chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*), tiene raíces prehispánicas y continúa presente en todos los niveles sociales. El chile piquín, de origen silvestre, es valorado por su sabor y baja irritabilidad, y alcanza costos hasta 40 veces más que otras variedades. La investigación sometió al chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) a diferentes condiciones de deshidratación en estufa industrial. La metodología incluyó la obtención de frutos frescos, medición de diámetros, peso, firmeza y análisis bromatológicos, seguido de secado a distintas temperaturas (50°C a 80°C) en estufa, con monitoreo de humedad, dureza, diámetros y análisis microbiológicos durante tres meses. Los resultados mostraron que la temperatura óptima para deshidratar fue 63°C, logrando una humedad final de 13%, con una firmeza estructural aceptable y atributos microbiológicos seguros. Se observó que a temperaturas superiores a 63°C la firmeza disminuía significativamente por el tostado del pericarpio, mientras que a

temperaturas menores el proceso requería más tiempo y presentaba mayor actividad microbiana. Los cambios bromatológicos indicaron un aumento en el contenido de energía, proteínas, grasas y minerales tras el secado. Se concluye que la deshidratación a 63°C es la más adecuada para conservar la calidad física, nutricional y microbiológica del chile piquín, prolongando su vida de anaquel y facilitando su comercialización el valor agregado del presente estudio es el impacto sostenible que desencadenara ya que al establecer un sistema de producción por secado se establecerían reglas comunitarias de recolección para evitar la sobreexplotación, se fomentaría la cultivación semi-domesticada para producirlo fuera de temporada, conocer y combatir plagas que lo afectarían, sin mencionar que se promoverá su valor cultural y ecológico como parte del patrimonio biocultural de México.

## Cubiertos Comestibles: Una Alternativa Innovadora para Reducir la Contaminación por Plásticos

Elizondo Nolazco Bertha Yadira  
Cárdenas Vega Claudia  
Torres Morales Susana del Carmen  
Muñoz Ramos Mayra Alejandra  
Torres Guerrero Santiago

Instituto Tecnológico de Linares  
beady13@gmail.com

**Palabras clave:** Cubiertos, Microplásticos, Sustentable.

El documento aborda la problemática de la contaminación por plásticos, destacando el impacto ambiental, la duración de su degradación. Además, se propone una solución innovadora: la producción, comercialización y uso de cubiertos comestibles hechos de ingredientes accesibles como arroz, trigo, y ajonjolí, que son biodegradables, nutritivos y funcionales. Se describen las propiedades nutricionales del arroz y el ajonjolí, ingredientes clave en estos cubiertos, resaltando sus beneficios para la salud y el medio ambiente. La metodología, contempla la elaboración, la cual incluye triturar, mezclar, moldear y hornear. El desarrollo implica a demás de la producción la medición de la durabilidad del cubierto, en este caso específico las cucharas sometidas en agua, sopa y licuados a diferentes temperaturas, frías, templadas y calientes. Los resultados se analizan mediante la herramienta Excel demostrando que la mayor durabilidad de los cubiertos es a una temperatura de 24°C teniendo que puede estar sumergida durante un promedio de 30 minutos sin que sufra algún cambio ni en el cubierto ni en el alimento en cuestión.

Finalmente, se sugiere que la adopción de cubiertos comestibles para aquellos negocios de alimentos preparados que puedan usarlos con sus comensales y/o comercializarlos, contribuyendo con una parte de la reducción en la generación de residuos plásticos, promoviendo hábitos más sustentables. La conclusión enfatiza la importancia de impulsar la producción, comercialización y distribución de estos utensilios en comunidades locales y a nivel industrial, contribuyendo a la conservación ambiental y a la salud humana.

## Alimentación rica en proteínas derivada de insectos comestibles: impacto en salud humana y medio ambiente

Tamez Vargas Antonio  
Elizondo Nolazco Bertha Yadira  
Jesus Eduardo Valdez Garcia  
Claudia Cardenas Vega

Tecnológico Nacional De México. Instituto Tecnológico De Linares  
a.ttamez2002@gmail.com

**Palabras clave:** Insectos, Proteínas, Sostenibilidad.

La investigación analiza el uso de insectos comestibles como fuente alternativa de proteínas para la salud humana. La creciente demanda mundial de proteínas y los problemas ambientales de la ganadería convencional, hacen que la proteína al alcance de la población sea cada vez más difícil. Los insectos son ricos en nutrientes, proteínas hasta 65% de su peso seco, Grasas: desde 10%, dependiendo de la especie, incluyendo grasas insaturadas beneficiosas, también contienen hierro, zinc, calcio, vitaminas del grupo B (como B12), y otros nutrientes esenciales, Además requieren menos recursos y emiten menos gases de efecto invernadero.

El objetivo es analizar cómo una dieta enriquecida con proteínas provenientes de insectos puede influir positivamente en la salud humana y contribuir a la sostenibilidad ambiental.

El estudio combina metodología cuasi-experimental y revisión bibliográfica, abordando el consumo de insectos comestibles, sus beneficios nutricionales, impacto en la salud y medio ambiente. Incluye caracterización de especies, evaluación de salud, análisis ambiental y percepción social mediante encuestas y análisis estadísticos utilizando excel. En los resultados, se encontró que las proteínas de insectos tienen

un alto valor biológico, buena digestibilidad y contienen aminoácidos esenciales, con mejoras en masa muscular, metabolismo y salud intestinal, así como una reducción entre 80% y 90% menos de gases de efecto invernadero, como metano y óxido de nitrato, así como una reducción en el uso de agua de hasta un 85%.

En la conclusión, se afirma que las proteínas de insectos son una alternativa sostenible y eficaz para enfrentar la crisis alimentaria global, sin embargo, la aceptación cultural sigue siendo un reto.

## Alternativa ecológica de fertilización con extractos de ruda, ajo, cítricos y vinagre

Cortés Martinez Susan Elianai  
Cortés Castillo Carlos  
Martinez Dueñas Maria Guadalupe  
Galindo Cabrera Edna Margarita  
Maldonado Pesina Ericka

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares, Linares, Nuevo León  
scortes@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** Agricultura Sostenible, Ecológica, Fertilización.

El estudio parte de la problemática generada por el uso excesivo de pesticidas sintéticos en la agricultura, lo cual ha provocado contaminación ambiental y riesgos a la salud. El objetivo general fue desarrollar y evaluar un fertilizante insecticida ecológico formulado con ingredientes naturales como cáscaras de cítricos, ruda, ajo, canela y vinagre blanco, buscando una alternativa sostenible para el control de plagas en cultivos hortícolas. La metodología incluyó la recolección y preparación de los ingredientes, maceración en vinagre, incorporación de compuestos activos y evaluación experimental en plantas de naranja dulce. Se establecieron tres tratamientos: uso del fertilizante Alternativa ecológica de fertilización, pesticida químico y un control sin insumos. Se midieron parámetros como incidencia de plagas, crecimiento vegetal y calidad del suelo. Los resultados mostraron que Alternativa ecológica de fertilización logró una reducción significativa del 65% en la presencia de pulgones y ácaros, con un desempeño cercano al del pesticida convencional. Además, las plantas tratadas con Alternativa ecológica de fertilización presentaron mayor desarrollo foliar y un incremento del 15% en la biomasa. El suelo tratado con el biofertilizante mostró

una mejora en la materia orgánica y la actividad microbiana, en contraste con el suelo tratado químicamente. Las conclusiones indican que el fertilizante ecológico fue eficaz para el control biológico de plagas y el fortalecimiento del suelo, representando una opción viable para la agricultura sostenible. Se recomienda continuar con pruebas a mayor escala y optimizar la fórmula para su aplicación comercial.

## Diseño de un fermentador de semillas de cacao automatizado mediante monitoreo de humedad y temperatura

Valenzuela Rodríguez Rafael  
Arias Cruz Alejandro  
Ocaña Valenzuela Ernesto Alonso  
Moreno Zárate Pedro

Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco  
rafael.valenzuela@comalcalco.tecnm.mx

**Palabras clave:** Cacao, Fermentación, Monitoreo, ESP32, MicroPython.

En el proceso de fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.), la variación de temperatura y humedad influye directamente en la formación de compuestos aromáticos y en la calidad sensorial del grano. En la región de la Chontalpa, Tabasco, los pequeños productores carecen de sistemas para monitorear estas variables y dependen de la experiencia organoléptica de los operadores, lo que limita la consistencia y el valor comercial de su cacao. Con el desarrollo de este proyecto se diseñó un prototipo de fermentadora de bajo costo con monitoreo de variables de temperatura y humedad, con un sistema de volteo automatizado.

La metodología consistió en la construcción de un contenedor de 20 kg con madera de cedro (*Cedrela odorata* L.) y macuilí (*Brosimum alicastrum* Sw.). Se integraron sensores DHT22 conectados a una placa ESP32 programada en MicroPython, los cuales registran de manera continua temperatura y humedad tanto en el interior como en el exterior del contenedor. El sistema acciona un motor reductor de 110 V AC para realizar ciclos automáticos de volteo, mediante un eje rotor con paletas de acero inoxidable grado alimenticio. La información se presenta en un display LCD 4x20 y en una interfaz web multiplataforma.

Los resultados muestran que los sensores operaron de forma estable y se activaron los ciclos de volteo, registrando valores externos de 26–31 °C y 72–80 % de humedad, mientras que al interior del contenedor se alcanzaron de 25–27 °C y 79–85 %.

El uso de tecnologías Open Source facilitó la selección de componentes y redujo los tiempos de prototipado, demostrando que es posible implementar soluciones accesibles y eficientes para la tecnificación de procesos artesanales como la fermentación de cacao. Este sistema contribuye a elevar la calidad del cacao para el chocolate, mejorar la productividad local y promover prácticas agroindustriales más sostenibles.

## Sembrando futuro: alimentación orgánica y conciencia ambiental

Escobedo Salazar Juana María  
Martínez Dueñas María Guadalupe  
Ortíz Aguirre Reyna Leticia  
Vallejo Ramos María Elizabeth  
Maldonado Pesina Ericka

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
jescobedo@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** Sustentabilidad, Conciencia ambiental.

El proyecto “Sembrando futuro: alimentación orgánica y conciencia ambiental”, desarrollado en el Instituto Tecnológico de Linares, tuvo como objetivo implementar un huerto urbano sustentable como estrategia educativa, ecológica y social. Participaron estudiantes de Ingeniería Industrial, promoviendo la conciencia ambiental, los hábitos alimenticios saludables y el aprendizaje práctico.

La investigación fue de tipo aplicado con enfoque mixto. En el aspecto cuantitativo, se aplicó una encuesta estructurada con escala de Likert de 5 puntos a 20 estudiantes de ingeniería industrial, representando el 4.06% del universo total de 493. Se evaluaron dimensiones como conciencia ecológica, trabajo en equipo, habilidades prácticas, hábitos alimenticios y satisfacción general, con promedios superiores a 4.2, lo que evidencia un impacto positivo en la formación integral.

Desde el enfoque cualitativo, se realizaron entrevistas abiertas que revelaron experiencias significativas, emociones positivas y aprendizajes relacionados con la agroecología, la colaboración y el compromiso ambiental.

Los estudiantes valoraron la aplicación de conocimientos en un entorno real y el fortalecimiento del sentido de pertenencia institucional.

El huerto urbano integró prácticas como el uso de composta orgánica, riego eficiente y producción local de alimentos, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): ODS 2, ODS 4, ODS 11, ODS 12 y ODS 13.

Se concluye que los huertos escolares son herramientas efectivas para fomentar la sustentabilidad, la educación integral y la responsabilidad social en el nivel superior. Se recomienda su continuidad, expansión y vinculación interdisciplinaria.

## Fertilizante orgánico por síntesis hidrotermal: evaluación de fitotoxicidad en maíz y frijol

Dulce Carolina Acosta Pintor  
Ángel Alberto Hernández Rubio  
Cynthia Wong Arguelles  
Habacuc Lorenzo Márquez  
Nilda Edith Medellín Castillo

Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Ciudad Valles  
dulce.acosta@tecvalles.mx

**Palabras clave:** caña de azúcar, cultivo, fertilizante.

El uso intensivo de fertilizantes sintéticos ha generado problemas ambientales como degradación del suelo, contaminación de acuíferos y emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto, surge la necesidad de alternativas sostenibles que aprovechen residuos agrícolas para la obtención de fertilizantes orgánicos. La carbonización hidrotermal (HTC) es una tecnología emergente que transforma biomasa en productos con potencial agrícola, entre ellos la fracción acuosa (FA), que contiene nutrientes solubles y compuestos orgánicos de interés. El objetivo de este estudio fue evaluar la fitotoxicidad de la FA obtenida a partir de la punta de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) sobre semillas de maíz (*Zea mays* L., variedad certificada A7512) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). La síntesis hidrotermal se realizó a 180 °C, 215 °C y 250 °C, obteniendo tres fracciones (FA1, FA2 y FA3). Cada una fue caracterizada fisicoquímicamente para cuantificar macro y micronutrientes mediante potenciometría, gravimetría y digestión en microondas/ICP-OES. Se prepararon diluciones en agua destilada y se evaluó la germinación en cajas de Petri durante cinco días, calculando el porcentaje de germinación relativo (PGR), crecimiento radicular relativo (CRR) e índice de germinación (IG). Los resultados mostraron que el maíz

presentó alta tolerancia en diluciones bajas y medias (IG  $\geq 94\%$  en FA1-FA3 hasta 10:25), sin efectos de fitotoxicidad. En frijol, la sensibilidad fue mayor: FA1 y FA2 redujeron el IG a valores de 55-57% en algunas diluciones, mientras que FA3 mostró incluso un efecto estimulante en bajas concentraciones. En conclusión, las fracciones acuosas de la síntesis hidrotermal de caña de azúcar presentan potencial como biofertilizantes, aunque su efecto depende del cultivo y la concentración aplicada. Estos hallazgos evidencian la posibilidad de sustituir parcialmente fertilizantes sintéticos, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles.

## Análisis costo-efectividad del uso de ecotecnologías para la reforestación: un enfoque interdisciplinario

Sandoval-García Rufino  
Jiménez-Pérez Javier  
Alanís-Rodríguez Eduardo  
Mora-Olivo Arturo  
Ríos-Saldaña Carlos Antonio

División de Ingeniería Forestal, Tecnológico Nacional de México - San Miguel El Grande  
antonio-rios@uadec.edu.mx

**Palabras clave:** Conservación-de-la-biodiversidad, investigación-interdisciplinaria, malla-atrapaniebla, *Pinus-pseudostrobus*, restauración.

La reforestación es una actividad clave que forma parte de las tareas de restauración necesarias para detener la pérdida de la biodiversidad en los ecosistemas terrestres. No obstante, la reforestación es un sistema complejo en el que una amplia gama de factores biofísicos, socioeconómicos, institucionales y de gestión influyen en el éxito obtenido. Por ello, las ecotecnologías, entendidas como intervenciones humanas en sistemas socioecológicos que están diseñadas para minimizar el daño al medio ambiente y proporcionar servicios de valor a la sociedad, representan una alternativa a las técnicas de plantación tradicionales que podrían aumentar el éxito de las reforestaciones. Sin embargo, no basta con que las medidas empleadas sean efectivas, sino que también deben ser rentables, ya que los recursos económicos para su aplicación son limitados. Por ello, se planteó un trabajo interdisciplinario para abordar los siguientes objetivos: (1) evaluar el efecto de diferentes ecotecnologías en la supervivencia de las plantas de *Pinus pseudostrobus*; (2) evaluar el crecimiento en altura y diámetro basal de las plantas; y (3) calcular la rentabilidad relativa del uso de ecotecnologías para reforestar en bosques templados de la Sierra

Madre Oriental. Para ello, se estableció una parcela experimental en la que se evaluó la supervivencia y crecimiento de las plantas a los 12 meses de la reforestación, así como la rentabilidad, a través de un análisis de costo-efectividad, de las ecotecnologías utilizadas. Los resultados muestran que las ecotecnologías más rentables son la malla atrapaniebla y el hidrogel. En conclusión, el uso de ecotecnologías en los programas de reforestación aumenta la supervivencia y crecimiento de las plántulas a los 12 meses en comparación con los métodos tradicionales. Esta información puede ser de gran interés para los gestores encargados de los proyectos de restauración de ecosistemas, especialmente en áreas con estrés hídrico y difícil acceso.

## Cooperativas pesqueras y seguridad alimentaria: diagnóstico de carencias y oportunidades en Matamoros, Tamaulipas

Contreras Ocegueda Erandi Lizzete  
Terán Guerrero Dalia  
Vanoye López Verónica  
Perpuli Ceseña Ariadna Colette  
Rodríguez Martínez Juan Guillermo

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Matamoros  
erandi.co@matamoros.tecnm.mx

**Palabras clave:** Cooperativas pesqueras, Seguridad alimentaria, Sostenibilidad.

La importancia de las cooperativas pesqueras radica en su impacto en la seguridad alimentaria, dado que garantizan el abastecimiento local y contribuyen a la generación de empleo en las comunidades costeras. Además, impactan en el crecimiento incluso al promover el desarrollo económico, generan el empoderamiento comunitario y la reducción de la pobreza. Actualmente, las cooperativas pesqueras de Matamoros, ubicadas en la zona norte de Tamaulipas, enfrentan una serie de desafíos y deficiencias que afectan su productividad y sostenibilidad. El objetivo de este trabajo es identificar cuáles son las deficiencias o necesidades de las cooperativas pesqueras y determinar en qué áreas requieren apoyo de parte del gobierno o instituciones educativas. La hipótesis planteada sostiene que las principales deficiencias de las cooperativas pesqueras están relacionadas con la falta de apoyo económico. El estudio realizado fue de tipo cuantitativo, descriptivo y transversal, aplicando una encuesta a las cooperativas pesqueras de Matamoros. Entre los principales resultados encontrados destaca que las principales necesidades de las cooperativas son la carencia de apoyo gubernamental en materia económica y de infraestructura, así

como la falta de capacitación en la gestión administrativa de las empresas. Así mismo, se encontró que el 70% de las cooperativas no reciben ningún tipo de apoyo por parte de instituciones educativas.

Las cooperativas requieren asesorías en la constitución legal de sus organizaciones, apoyo económico y capacitación especializada.

Como conclusión, la sustentabilidad progreso de las cooperativas pesqueras sólo pueden sostenerse y prosperar mediante el esfuerzo conjunto del gobierno, las organizaciones no gubernamentales y la propia comunidad pesquera. Es fundamental y prioritario brindar apoyo a este sector, que representa la fuente principal de ingreso para cientos de familias. Es necesario además atender la necesidad de financiamiento público y agilizar los trámites gubernamentales, reduciendo los tiempos de espera que actualmente dificultan el acceso a recursos y beneficios.

## Configuración neuronal profunda para la generación de datos sintéticos y la identificación de cultivos estresados

Velázquez González Josué Renán  
Osuna Coutiño Juan Antonio de Jesús  
Pérez Patricio Madain  
Morales Navarro Néstor Antonio  
Ocaña Valenzuela Ernesto Alonso

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas  
josue.velazquez@ittuxtlagutierrez.edu.mx

**Palabras clave:** Aprendizaje, Clasificación, Estrés, Planta.

En visión por computadora, la detección de estrés en plantas consiste en identificar y clasificar los factores que afectan la salud de los cultivos, una tarea clave para una agricultura más resiliente y sustentable. Los métodos más recientes emplean aprendizaje automático y redes de aprendizaje profundo para esta clasificación; sin embargo, su rendimiento disminuye notablemente al trabajar con plantas estresadas, debido a la escasez de datos representativos. Obtener imágenes reales de cultivos estresados no solo es costoso y lento, sino que también implica inducir daño a las plantas, lo que impacta negativamente en la producción y el medio ambiente. Para superar esta limitación y reducir el impacto ambiental, el objetivo de este trabajo es proponer una metodología basada en la generación de imágenes sintéticas realistas supervisadas, que elimina la necesidad de someter a los cultivos a estrés real. La propuesta consta de tres fases: (1) recolección de un conjunto reducido de imágenes reales de cultivos estresados, (2) adaptación de un modelo generativo mediante la introducción de un nodo especializado en su capa final, y (3) supervisión de la calidad de las imágenes generadas a través de una red neuronal de

clasificación y un bucle de retroalimentación. Los resultados experimentales muestran un incremento del 23.85 % en precisión, que refleja la exactitud de las predicciones positivas, y un 10.8 % en recall, que mide la capacidad de identificar todos los casos positivos, superando así a las arquitecturas tradicionales (VGG-16, ResNet, DenseNet, Inception) que utilizan el mismo conjunto de datos sintético. La configuración propuesta no solo mejora el rendimiento de los sistemas de clasificación, sino que también reduce la necesidad de ensayos destructivos, minimiza costos y tiempos de recolección de datos, promoviendo el uso eficiente de recursos tecnológicos para la agricultura de precisión y fomentando una producción agrícola más sustentable.

## Sostenibilidad del tiburón cazón *Rhizoprionodon terraenovae* en el Oeste del Golfo de México.

Návalos Rico Lorena Lizde  
Rodríguez Castro Jorge Homero  
Olmeda de la Fuente Sandra Edith  
González Gaona Othón Javier

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas.  
MG-24380003@cdvictoria.tecnm.mx

**Palabras clave:** Cazón, Rendimiento, Bioeconomía.

El tiburón cazón *Rhizoprionodon terraenovae* forma parte del grupo de tiburones pesqueros costeros del Golfo de México (GM), aportando casi el 50 % de la captura pesquera de este grupo. Esta especie es de importancia socioeconómica y alimentaria para la población humana costera del GM. La literatura científica reporta para esta especie en el sur del GM un estado de sobrexplotación en el 2002, y otro de subexplotación en el 2016. La normatividad no reporta el estado de la pesquería en el Oeste del Golfo de México (OGM). El objetivo de la presente investigación es estimar el rendimiento máximo sostenido global (RMS) y por recluta (RRMS) y el rendimiento máximo económico (RME) mediante los modelos disponibles en el paquete de softwares FISAT II. Se realizaron 22 muestreos mensuales aleatorios simples, durante el periodo 2016-2018, donde se tomaron datos de longitud total (cm) y peso eviscerado (g), de hembras y machos. Se estimaron los valores puntuales y sus respectivos errores estándar, de los parámetros del modelo de crecimiento Von Bertalanffy (MVB)  $L_{\infty}$ ,  $K$  y  $t_0$ . Los dos primeros se estimaron mediante modelos del FISAT II, y  $t_0$  mediante el modelo de Pauly (1984).

Se han obtenido los resultados siguientes: Hembras:  $L_{\infty} = 126 \pm 1.51$ ,  $K = 0.56$ ,  $t_0 = 0.29$ ; Machos:  $L_{\infty} = 126 \pm 2.59$ ,  $K = 0.32 \pm 0.01$ ,  $t_0 = 0.20 \pm 0.01$ ; y Sexos Combinados:  $L_{\infty} = 126 \pm 1.60$ ,  $K = 0.32 \pm 0.01$ ,  $t_0 = 0.20 \pm 0.01$ . Con los parámetros de crecimiento se estimarán las tasas de las mortalidades total, natural y por pesca; y en conjunto serán los insumos para los modelos que estiman el RMS, RRMS y RME. La primera conclusión es que los parámetros del MVB para *R. terraenovae* del OGM, son similares a los reportados por la literatura.

## Percepción estudiantil del Instituto Tecnológico de Matamoros sobre huertos familiares como una estrategia sustentable

Rodríguez Martínez Juan Guillermo  
González Ventura Axel Said  
Contreras Ocegueda Erandi Lizzete  
Vásquez González María Guadalupe

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Matamoros  
juan.rm@matamoros.tecnm.mx

**Palabras clave:** Huerto urbano, Agricultura sustentable, Alimentación.

Uno de los gastos básicos en el hogar significativo es la alimentación. Considerar la implementación de un huerto urbano que produzca alimentos regionales, brinda soporte a la economía personal; promueve la agricultura sustentable y la soberanía alimentaria, ofreciendo alimentos libres de químicos y fertilizantes; disminuye la demanda de dichos alimentos en tiendas de autoservicio, minimizando la necesidad de transporte y almacenamiento, disminuyendo la huella de carbono. El objetivo de este trabajo es identificar el nivel de aceptación e implementación de un huerto urbano por parte de estudiantes de primero a cuarto semestre del Programa Educativo de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico de Matamoros. La hipótesis planteada sostiene que los jóvenes están de acuerdo en implementar un huerto urbano en sus hogares con la finalidad de contribuir en el impacto económico y ambiental. El estudio es de tipo cuantitativo, descriptivo y transversal, mediante una encuesta a 56 estudiantes del ITM en la cual se consideraron las siguientes dimensiones: Datos generales, Impacto económico en el hogar, Conocimiento e impacto de huertos urbanos, Implementación de huerto urbano y sistema de riego por goteo. Como principales

resultados se identificó que el 59% de los estudiantes consideran que la alimentación es uno de los gastos básicos más fuertes en el hogar; el 45% está de acuerdo en que cultivar de manera propia algunos alimentos podría disminuir el gasto de la alimentación; el 29% está totalmente de acuerdo en implementar un huerto urbano en casa, mientras que el 39% está de acuerdo; la mayor dificultad que identifican al implementarlo es la falta de espacio.

Como conclusión, existe un alto nivel de aceptación por parte de los estudiantes para implementar un huerto urbano en casa. Sin embargo, es necesario fomentar su implementación mediante talleres que enseñen a instalarlo, y a cuidarlo para su preservación.

## Prácticas sostenibles en la industria vitivinícola del noroeste de México

Cáñez Cota León Alejandro  
Federico Valle Olga Selenia

Universidad de Sonora. Departamento de Ciencias Económico-Administrativas. Campus Caborca  
alejandro.canez@unison.mx

**Palabras clave:** Sostenibilidad, cambio climático, vitivinicultura.

La industria vitivinícola en México, enfrenta problemas ambientales como el cambio climático, la falta de agua, la degradación del suelo y el uso excesivo de agroquímicos, entre otros. Estos inconvenientes no solo perjudican la producción de uva, sino que también afectan las condiciones ambientales locales. La Agenda 2030 de la ONU, específicamente en su ODS 12, propone asegurar formas de producción y consumo que sean sostenibles. Por ello, es crucial que los sistemas de producción adopten prácticas sustentables para reducir el impacto ambiental que genera esta actividad. Este trabajo se enfoca en identificar los principales desafíos que enfrenta la industria del vino en el noroeste de México debido a los efectos del cambio climático. La estrategia metodológica consistió en una revisión de literatura, poniendo especial atención en seleccionar hallazgos de casos específicos, donde se identificaron y evaluaron las principales prácticas sostenibles implementadas en los sistemas de producción de uva. Los principales resultados indican que las prácticas actuales de las empresas del sector no son completamente sostenibles. A partir de este análisis, se presentan ejemplos de prácticas sostenibles que pueden fortalecer

la responsabilidad ambiental y social de las compañías productoras de uva. Como principales acciones que realizan los productores vitivinícolas, se encuentra la tecnificación de riegos en cultivos, agricultura de precisión, así como técnicas para la retención de humedad en el suelo.

## Producción Sustentable de Harina a Base de Mahuacata para Fortalecer la Soberanía Alimentaria

Aleman Cruz Victor Osmar  
Pecero Hernandez Gisela  
Larraga Muñoz Al David  
Elizondo Salazar Guillermo  
Guzman Garza Andrea Janeth

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
valeman@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** Sustentabilidad, soberanía, innovación, agroalimentación, conservación.

La necesidad de promover alternativas alimentarias sustentables impulsa la búsqueda de productos que fortalezcan la soberanía alimentaria y el aprovechamiento responsable de los recursos naturales. La mahuacata, semilla del árbol del ébano endémico del norte de México, representa una materia prima con alto valor nutricional y potencial para el desarrollo de productos agroalimentarios sostenibles. El objetivo de esta investigación fue elaborar una harina integral a base de mahuacata que favorezca la alimentación saludable, la economía circular y la conservación ambiental. La metodología comprendió la recolección de vainas de ébano en comunidades locales, su limpieza, pelado, tostado, trituración y tamizado hasta obtener una harina de textura fina y calidad alimentaria. Se realizó además un análisis técnico y económico para evaluar la viabilidad productiva, junto con encuestas de aceptación del consumidor. Los resultados evidenciaron que la harina de mahuacata posee propiedades antioxidantes y un contenido proteico similar al de leguminosas de consumo habitual, además de una alta aceptación por su origen natural y beneficios para la salud.

Se concluye que la producción sustentable de harina a base de mahuacata constituye una alternativa viable para fortalecer la soberanía alimentaria, impulsar la economía regional y fomentar la conservación de recursos naturales mediante el aprovechamiento integral del fruto del ébano. Este proyecto demuestra la importancia de vincular innovación, sustentabilidad y desarrollo local en el sector agroalimentario mexicano.

## Usos del gigantón (*Tithonia diversifolia*) en comunidades nahuas de la Sierra de Zongolica, Veracruz

Hernández Tepole Dulce M.  
Hernández Salinas Gregorio  
Limón Rievera Rogelio  
Serna Lagunes Ricardo  
Galindo Cerda Herlinda

Instituto Tecnológico Superior de Zongolica  
gregorio\_hs@zongolica.tecnm.mx

**Palabras clave:** Saberes, ancestrales, etnobotánica.

La pérdida de biodiversidad vegetal y de conocimientos tradicionales es una problemática actual. El objetivo del estudio fue documentar el conocimiento etnobotánico del gigantón (*Tithonia diversifolia*) en dos comunidades nahuas de Zongolica, Veracruz. Se aplicaron entrevistas mediante el método bola de nieve. Participaron 67 personas. Se utilizó un cuestionario semi-estructurado con variables socio-demográficas, ecológicas y de uso. El instrumento fue validado mediante piloto. Los datos se capturaron en Excel® y se analizaron con estadística descriptiva. El 54% de los entrevistados fueron mujeres y el 46% hombres. Las edades oscilaron entre 18 y 88 años. Se identificaron diversos usos tradicionales de *T. diversifolia*. El uso medicinal fue el más frecuente. Se reportaron aplicaciones para presión arterial, alergias y dolor de riñón. También se usa como infusión o planta fresca aplicada sobre la piel. Se emplea en tratamientos dermatológicos como comezón, salpullido, varicela y granos. En menor medida, se registraron usos forrajeros (chivos, borregos, conejos), alimenticios (aves de traspatio) y ornamentales. La planta crece principalmente en terrenos inclinados. También se encuentra en zonas planas, húmedas, milpas, áreas perturbadas, laderas,

caminos y bordes de parcelas. Florece durante la temporada de lluvias. Las comunidades nahuas poseen un conocimiento profundo sobre esta especie. Este saber debe ser reconocido, conservado y aprovechado. La documentación etnobotánica contribuye a la valorización de plantas nativas. Además, fortalece la identidad cultural y promueve el uso sostenible de los recursos locales.



**ECONOMÍA CIRCULAR,  
MANEJO DE RESIDUOS  
Y ESPACIOS 100% LIBRES  
DE PLÁSTICOS DE UN SOLO  
USO**

## Reutilización de aceite comestible usado para fabricar jabón: solución sostenible contra la contaminación ambiental

Elizondo Nolazco Bertha Yadira  
Cárdenas Vega Claudia  
Merary Nohemy Gallardo Aguilar  
Andrea Elisa Bazaldua Valadez

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Linares  
belizondo@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** aceite quemado, jabón, reciclaje, sostenibilidad.

El presente estudio aborda una problemática ambiental significativa relacionada con el manejo inadecuado de residuos de aceite comestible, especialmente aquél utilizado por empresas de alimentos y comida rápida. El objetivo se centró en evaluar propiedades físicas y sensoriales de jabón elaborado a partir de aceite usado mediante el proceso de saponificación, que implica una reacción química entre un ácido graso y una base fuerte, como NaOH o KOH. La metodología fue experimental y comparativa, con tres tratamientos: Muestra 1 con 100 % aceite nuevo, Muestra 2 con 50 % aceite nuevo y 50 % aceite usado, y Muestra 3 con 100 % aceite usado. Se controló que la densidad de las muestras estuviera en un rango similar (.910 a .930 g/ml) para garantizar comparabilidad. Para la evaluación sensorial de las muestras se utiliza un palen de cinco jueces. Los resultados revelan que el jabón elaborado con aceite usado (Muestra 3) tiene un alto nivel de sostenibilidad, siendo adecuado para limpieza general e higiene de manos. Además, presenta un valor de saponificación (SV) entre 181 y 188 mg/g. Sensorialmente se analiza que el jabón es suave, cremoso y genera espuma ligera. Por otro lado, las muestras con menor porcentaje de aceite usado (Muestras 1 y 2) tienen sostenibilidad baja y media,

respectivamente, y un SV más alto (hasta 230 mg/g), sugiriendo un jabón más espumoso, pero menos suave, no recomendable para uso en la piel.

En conclusión, la utilización de aceite comestible quemado en la fabricación de jabón es una alternativa técnica y ambientalmente sostenible para el aprovechamiento de residuos contaminantes de alto impacto. Este enfoque contribuye a reducir la contaminación ambiental y promueve un adecuado manejo de residuos, además de ofrecer productos con propiedades adecuadas para diversas aplicaciones de limpieza.

## Producción de carbón ecológico a partir de aserrín reciclado como alternativa sustentable

Galindo Cabrera Edna Margarita  
Maldonado Pesina Ericka  
Cortés Martínez Susan Elianai  
Rodríguez Rivera Brayan Guadalupe  
Alonso Silva Brandon Michel

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
egalindo@linares.tecnm.mx

**Palabras clave:** Biomasa, Carbonización, Sustentabilidad, Energía renovable, Economía circular.

El proyecto se centra en la producción de carbón ecológico a partir de aserrín reciclado, con el propósito de reducir la dependencia del carbón vegetal tradicional. Este último, ligado a la tala indiscriminada, contribuye a la deforestación, pérdida de biodiversidad y emisiones contaminantes. En contraste, el aprovechamiento del aserrín, un residuo abundante de la industria maderera, se plantea como una alternativa sustentable bajo el enfoque de economía circular, en el que los desechos adquieren un nuevo valor productivo.

El objetivo principal consistió en desarrollar un carbón ecológico a partir de aserrín reciclado, evaluando su viabilidad técnica, ambiental y económica como sustituto del carbón convencional. Para ello, se diseñó un proceso experimental en tres etapas: recolección y preparación del aserrín seco, compactación en moldes metálicos mediante presión mecánica y carbonización controlada en horno metálico. El procedimiento se realizó sin aditivos químicos, aprovechando la lignina propia del material como aglutinante natural. El carbón resultante mostró un poder calorífico de entre 7000 y 7800 kcal/kg, baja humedad (5-8%) y fácil ignición a temperaturas de 250-

300 °C. Además, produjo menor cantidad de humo y cenizas, reflejando una combustión más limpia y eficiente. Estas características lo posicionan como una alternativa competitiva frente al carbón vegetal y otras briquetas comerciales, tanto en rendimiento como en sostenibilidad.

La viabilidad técnica quedó demostrada con un producto energético de alta eficiencia sin procesos complejos. La viabilidad ambiental se confirmó al reducir emisiones contaminantes, evitar la tala de árboles y aprovechar un residuo industrial que de otro modo sería desechado. Por último, la viabilidad económica se reflejó en su precio competitivo, bajo costo de producción y abundancia de materia prima, lo que lo hace accesible para comunidades locales.

# EDUCACIÓN, CULTURA CIENTÍFICA Y PARTICIPACIÓN SOCIAL PARA LA SUSTENTABILIDAD



## Innovación en Biofiltros Naturales para Mejorar la Calidad del Aire

Cano Ruiz Hipolito  
Martínez Dueñas María Guadalupe  
Ortiz Aguirre Reyna Leticia  
Maldonado Pesina Ericka  
Trujillo Cuevas Emiliano

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
hcano@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** Biofiltros, contaminantes atmosféricos, sustentabilidad.

El proyecto BioFiltroNL surge como una innovación tecnológica para mejorar la calidad del aire en zonas urbanas altamente contaminadas como Monterrey, Nuevo León, utilizando biofiltros naturales con musgo y microorganismos especializados. Su objetivo principal es desarrollar un sistema de biofiltración escalable y sostenible que remueva contaminantes mediante procesos biológicos de bajo costo y bajo consumo energético. La metodología incluyó el diseño de un prototipo modular con materiales reciclados y biodegradables. Para monitorear las variables ambientales, se midieron parámetros como temperatura, humedad relativa, concentración de contaminantes (PM10, PM2.5, NOx, COVs y SO<sub>2</sub>), y parámetros de calidad del aire en tiempo real mediante sensores específicos y estaciones de monitoreo colocadas en las inmediaciones del biofiltro y en puntos de referencia cercanos. La eficiencia de remoción de contaminantes fue evaluada mediante muestreos periódicos antes y después del paso por el biofiltro. La medición de la eficiencia se realizó comparando las concentraciones de los contaminantes en las muestras de aire de entrada y salida del biofiltro, calculando el porcentaje de remoción con la fórmula:

$$\left[ \frac{\text{Concentración entrada} - \text{Concentración salida}}{\text{Concentración entrada}} \right] \times 100$$
. La evaluación se llevó a cabo en diferentes condiciones ambientales y horarios para asegurar la consistencia de los resultados, además de registrar variables ambientales como temperatura y humedad, que pueden influir en la actividad biológica del sistema. Estos procedimientos permitieron determinar la eficiencia del biofiltro en remover PM, gases y compuestos orgánicos volátiles, logrando una reducción promedio superior al 80%, con especial éxito en partículas y COVs, demostrando la viabilidad técnica y ambiental del sistema en escenarios urbanos. La integración de estos procedimientos garantizó una evaluación precisa y confiable de la performance del BioFiltroNL, contribuyendo a validar su potencial como solución sustentable para la mitigación de la contaminación del aire.

## Spray quita arrugas efectivo, seguro y sostenible para prendas en estilos de vida acelerados

Farach Rojo Soraya  
Cavazos Galán Lidia Guadalupe  
Torres Morales Susana del Carmen  
Reyes Cruz Johana Natalí  
Meade Almazán Nancy Patricia

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
sfarach@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** Spray quitarrugas, solución práctica, sostenible.

El proyecto busca responder a la creciente necesidad de soluciones prácticas para mantener la ropa sin arrugas en un estilo de vida acelerado. La introducción destaca la importancia de la presentación personal y las limitaciones del planchado tradicional, proponiendo el spray quita arrugas como una alternativa eficiente, rápida y conveniente. El objetivo general es desarrollar un spray efectivo, de fácil aplicación y seguro para diversos tejidos, que permita eliminar arrugas y refrescar prendas sin esfuerzo. La metodología incluye la formulación con ingredientes accesibles como agua, alcohol, vinagre, limón y suavizante, además de pruebas caseras para ajustar proporciones, evaluar eficacia, secado, residuos y aroma, asegurando compatibilidad con diferentes telas y seguridad del producto. Los resultados esperados indican que el spray puede ofrecer una solución práctica, económica y ambientalmente sostenible, con un mercado amplio que valora la conveniencia y el cuidado de las prendas. Por ejemplo, estudiantes y trabajadores que viajan diariamente prefieren productos portátiles que simplifiquen su rutina de cuidado personal y presentación. En conclusión, el producto contribuirá a optimizar el tiempo de los usuarios, mejorará su imagen personal y ofrecerá una alternativa

innovadora al planchado tradicional, mediante una estrategia de comercialización basada en marketing digital, contenido visual y precios competitivos, garantizando un lanzamiento efectivo y una posición favorable en el mercado.

## QuickClean: Innovador producto ecológico para limpieza de manos, elimina y residuos de forma efectiva

Cavazos Galan Lidia Guadalupe  
Farach Rojo Soraya  
Torres Morales Susana

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
lcavazos

**Palabras clave:** Innovador, Ecológico, Natural.

QuickClean es un innovador producto de limpieza de manos diseñado para remover pintura y residuos de manera segura, efectiva y ecológica. Su desarrollo se fundamenta en la necesidad de ofrecer una alternativa no agresiva a los métodos tradicionales, que suelen emplear disolventes tóxicos y abrasivos que dañan la piel y el medio ambiente. La metodología incluye la selección de ingredientes naturales como sábila, vinagre, limón, azúcar, sal, bicarbonato y glicerina, combinados en una fórmula que combina exfoliación, hidratación y limpieza profunda. Los resultados preliminares muestran que QuickClean logra eliminar residuos de pintura sin causar irritación ni resequead, con aceptación favorable en pruebas con usuarios y potencial comercial en sectores como arte, construcción y bricolaje.

Las conclusiones indican que el producto responde a una demanda real, promoviendo prácticas más saludables y sostenibles, además de posicionarse como una opción diferencial en el mercado de productos de limpieza, con un enfoque en responsabilidad social y cuidado ambiental. Presenta resultados preliminares pero no cuantificables. Los primeros ensayos indican una alta aceptación por parte de los usuarios, sin reportes de irritación o resequead tras su aplicación.

## Desarrollo de gomitas de gordolobo para aliviar síntomas respiratorios con aceptación sensorial y valor tradicional

Martínez Dueñas María Guadalupe  
Escobedo Salazar Juana María  
Maldonado Pesina Ericka  
Ortiz Aguirre Reyna Leticia  
Torres Pérez Manuel

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
mmartinezd@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** Fitosuplemento, Gordolobo, Etnomedicina.

Las enfermedades respiratorias afectan a gran parte de la población mexicana, siendo los remedios naturales una alternativa viable frente a tratamientos sintéticos. Este trabajo presenta el desarrollo de Dulce Alivio, suplemento natural en forma de gomitas masticables a base de *Gnaphalium viscosum* (gordolobo), planta reconocida por sus propiedades antiinflamatorias y expectorantes. El objetivo fue formular un producto funcional y sensorialmente aceptable, facilitando el consumo de esta planta tradicional, especialmente en poblaciones con dificultad para ingerir cápsulas o infusiones calientes. Se empleó una metodología artesanal documentada, con selección de materias primas, control básico de pH y humedad, higiene en manipulación y almacenamiento según la NOM-251-SSA1-2009 y criterios de COFEPRIS para suplementos herbolarios. La muestra incluyó 25 participantes (14 mujeres, 11 hombres), de 18 a 55 años, nivel socioeconómico medio y sin alergias alimentarias, divididos en 10 para evaluación sensorial comparativa y 15 para retroalimentación general. La aceptación sensorial se midió mediante escala hedónica de 5 puntos en sabor, textura, olor, apariencia y aceptación global.

La versión con jugo de fresa obtuvo la puntuación más alta (4.7), con diferencias significativas frente a las otras formulaciones ( $p < 0.05$ ), superando también en preferencia a presentaciones herbales líquidas y en cápsula referidas en estudios previos y reportes de consumidor. No se realizaron análisis químicos ni pruebas microbiológicas, aunque se plantea cuantificar compuestos bioactivos (flavonoides, mucílagos) y determinar vida útil bajo diferentes condiciones. Tampoco se efectuaron ensayos clínicos, por lo que no se afirma eficacia terapéutica; su validación se propone como prioridad en fases futuras. Dulce Alivio representa una innovación que revaloriza el conocimiento etnobotánico, ofreciendo una forma de consumo moderna, estable sin conservadores artificiales y con potencial de escalamiento como suplemento herbolario funcional, seguro y culturalmente relevante.

## Evaluación sustituto de carbón vegetal hecho de papel comprimido y aserrín en cocción de alimentos

Muñoz Ramos Mayra Alejandra  
Elizondo Nolazco Bertha Yadira  
Martínez Ávila María Magdalena  
Valdés García Jesús Eduardo  
Torres Guerrero Santiago

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
mmunoz@linares.tecnm.mx

**Palabras clave:** sustituto eficiencia térmica impacto ambiental.

Este proyecto de investigación trata de la evaluación térmica de un biocombustible sólido elaborado a partir de una mezcla homogénea de papel comprimido (30%) y aserrín molido (70%), cohesionados en esferas mediante secado a la intemperie, como una alternativa sustentable al carbón vegetal para la cocción de alimentos. La iniciativa busca reducir el impacto ambiental y promover prácticas más ecológicas en la preparación de alimentos, contribuyendo a la conservación forestal y a la disminución del uso de combustibles fósiles. La metodología consistió en preparar estas esferas y someterlas a pruebas de cocción controladas, empleando 100 g de carne de res y 250 ml de agua en condiciones estandarizadas a 37 °C. Se realizaron tres repeticiones de cada prueba para garantizar la confiabilidad de los resultados. Se midieron parámetros como tiempo de combustión y calor liberado mediante instrumentos especializados, comparando los resultados con los del carbón vegetal convencional utilizando análisis estadísticos (ANOVA).

Los resultados demostraron que el sustituto presenta una combustión estable y rendimiento térmico estadísticamente igual al del carbón vegetal, logrando que la carne alcanzara 79.4 °C y el agua hirviera en tiempos similares al carbón tradicional, consumiendo aproximadamente 326 g por prueba. El siguiente paso de investigación será analizar los cambios físico-químicos y sensoriales de los alimentos cocinados con el sustituto de carbón vegetal.

En conclusión, la investigación establece un marco metodológico sólido para evaluar materiales alternativos sostenibles y evidencia preliminar de su potencial en cocinas ecológicas y estrategias de reducción de emisiones, aunque requiere mayor profundización para su validación comercial y adaptación normativa.

## Abandono escolar: Desafíos para la inclusión y equidad de género en México

Aguirre Martínez Verónica Lizeth  
Gallegos de la Cruz Miguel Angel  
Muñoz Ramos Mayra

Tecnológico Nacional de México  
vaguirre@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** Abandono escolar, Equidad de género.

El abandono escolar en la Educación Media Superior (EMS) en México es un fenómeno multifacético, influenciado por factores socioculturales, económicos y de género. La tendencia reciente muestra una disminución en la matrícula masculina (2.3%) y un aumento en la femenina (2.2%), destacando la influencia de roles de género tradicionales que afectan las decisiones de los jóvenes de permanecer en la escuela. Los hombres suelen abandonar por motivos económicos, migración o trabajo, mientras que las mujeres enfrentan presiones sociales y responsabilidades familiares que favorecen su deserción. La pandemia de COVID-19 agravó estas condiciones, afectando especialmente a zonas rurales y comunidades indígenas, donde la matrícula es significativamente menor y las tasas de no conclusión son más altas, especialmente en hombres en contextos de educación pública y privada. El objetivo de esta investigación es analizar los factores que influyen en el abandono escolar en la EMS en 2024, con especial énfasis en las especialidades de turismo, mecatrónica y programación web. Para ello, se seleccionó una muestra de 300 estudiantes, quienes fueron elegidos por su especialidad en dichas áreas. Se aplicó una encuesta como instrumento de recolección de datos.

La investigación destaca la necesidad de enfoques integrados que consideren género y juventud, promoviendo la participación activa de los estudiantes en la formulación de políticas, programas de mentoría y formación docente en temáticas de género y desarrollo juvenil. Además, se propone fortalecer las condiciones laborales de los docentes, mejorar la infraestructura y los recursos tecnológicos, y desarrollar políticas públicas flexibles que respondan a las particularidades de cada comunidad, incluyendo contextos rurales e indígenas. Abordar el abandono escolar en México requiere una estrategia integral que reconozca las interrelaciones entre género, juventud y entorno socioeconómico, promoviendo una educación más inclusiva y equitativa para todos los jóvenes.

## Desarrollo de Competencias Digitales para la Sustentabilidad mediante la Enseñanza de Programación en Comunidades Vulnerables

Graciela Salazar Torres  
Gutiérrez Pizaña Marco Antonio  
Mata González Reynaldo  
Erandi Lizzete Contreras Ocegueda  
Verónica Vanoye Lopez

Instituto Tecnológico de Matamoros  
graciela.st@matamoros.tecnm.mx

**Palabras clave:** Sustentabilidad, Educación, Competencias, Conclusión.

Este proyecto aborda la brecha digital en comunidades vulnerables de Matamoros, donde menos del 20% de las escuelas públicas cuenta con programas estructurados de pensamiento computacional. La plataforma Scratch del MIT se implementa como herramienta educativa para mitigar esta desigualdad, aprovechando el potencial de estudiantes universitarios como instructores. Nuestro objetivo es evaluar el impacto de la enseñanza de Scratch en el desarrollo de habilidades de programación y pensamiento computacional en niños de primaria, mientras se fortalece la formación pedagógica y técnica de estudiantes universitarios del Instituto Tecnológico de Matamoros.

Metodológicamente se empleó un diseño cuasi-experimental con grupos control y experimental en 10 escuelas públicas (1,000 niños de 10-12 años). La metodología mixta combinó pruebas estandarizadas (Bebras Challenge), rúbricas de proyectos Scratch, observación estructurada de clases y entrevistas a niños, universitarios y docentes. Los datos se analizaron con estadística inferencial (SPSS) y análisis cualitativo (NVivo).

Observamos 85% de mejora en habilidades de pensamiento computacional en niños,

con un aumento del 70% en creatividad y trabajo en equipo. El 90% de los universitarios desarrollaron competencias pedagógicas y de liderazgo. El proyecto redujo la brecha digital en un 60% al proporcionar acceso a tecnología y capacitación en comunidades marginadas.

Concluimos: Esta iniciativa demuestra ser un modelo replicable para alinear la educación STEM con objetivos sociales. Está alineada con el Plan Nacional de Desarrollo 2024-2030 de México, los ODS 4 (Educación de Calidad) y 10 (Reducción de Desigualdades), y los criterios de certificación CACEI y SEAS para ingenierías. Además, contribuye a la Nueva Escuela Mexicana al integrar tecnología en educación básica y fomentar la responsabilidad social universitaria. El proyecto refleja los principios del Foro de Davos 2030 al promover habilidades digitales inclusivas y sostenibles, posicionando al Instituto Tecnológico de Matamoros como referente en innovación educativa con impacto comunitario.

## El Perfil del Tutor Ante el Nuevo Modelo Educativo del Tecnológico Nacional de México

Perpuli Ceseña Ariadna Colette  
Dagnino Olivas Amira del Carmen  
Escalante Ramírez Paulina  
Beltrán Lizárraga María Guadalupe

Tecnológico Nacional de México Campus Los Cabos  
ariadnac.pc@loscabos.tecnm.mx

**Palabras clave:** Educación superior, TecNM, Tutor, Tutoría.

La educación superior en México enfrenta el reto de formar profesionales comprometidos con la justicia social. En este marco, el Tecnológico Nacional de México (TecNM) impulsa el modelo Humanismo para la Justicia Social, que reconoce la necesidad de definir un perfil claro del tutor para garantizar prácticas coherentes e inclusivas. Sin embargo, la ambigüedad actual en este perfil provoca inconsistencias en la acción tutorial y limita su impacto, especialmente en estudiantes de contextos vulnerables. Esta investigación tuvo como objetivo identificar los elementos necesarios para construir un perfil de tutor en el TecNM, alineado a los ejes transversales del nuevo modelo educativo, y fortalecer así su papel como agente de acompañamiento académico, personal y profesional. Se adoptó un enfoque documental no experimental en cuatro fases: revisión bibliográfica de más de 50 artículos en bases como Redalyc y Google Scholar; análisis normativo de documentos institucionales (ANUIES, DGEST) y políticas del TecNM; síntesis de evidencias mediante revisión de paraguas; y diseño de una propuesta de modelo holístico. El modelo resultante se estructura en seis nodos: académico-pedagógico, comunicación y relaciones interpersonales, ética y sustentabilidad, adaptabilidad y ciudadanía digital.

Su implementación busca atender desafíos como la falta de formación docente, los recursos limitados y las brechas digitales, al tiempo que promueve la equidad y la justicia social. Como conclusión, este modelo ofrece una base sólida para orientar las prácticas tutoriales en el TecNM; futuras investigaciones deberán validarlo empíricamente y derivar programas de capacitación que fortalezcan su aplicación.

## Innovación en Seguridad Vial: Gafas Inteligentes para la Detección Temprana de Fatiga al Volante

Perales Hernandez Sanjuanita  
Maldonado Pesina Ericka  
Martinez Garcia Catalina  
Villalpando Treviño Cindy  
Lopez Rodriguez Alex Fernando

Tecnológico Nacional de México, Campus Linares  
sperales@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** Fatiga, Gafas, Seguridad.

La seguridad vial es un reto prioritario para la salud pública y el desarrollo sostenible, debido a que millones de personas sufren anualmente accidentes de tránsito, muchos con consecuencias fatales o lesiones permanentes. Una causa crítica es la fatiga al volante, identificada por la OMS y la OPS como un factor de alto riesgo, ya que afecta la atención, el tiempo de reacción y el juicio del conductor, en niveles comparables al consumo de alcohol. Ante esta problemática, el proyecto AlerLenses propone unas gafas inteligentes diseñadas para detectar signos tempranos de somnolencia en conductores. Estas integran sensores infrarrojos, acelerómetros, giroscopios y algoritmos de inteligencia artificial que monitorean en tiempo real indicadores oculares y posturales como parpadeo lento, cierre prolongado de ojos y movimientos anómalos de cabeza. Al detectar signos de fatiga, el sistema emite alertas multisensoriales (sonoras, visuales y hápticas) que buscan mantener la alerta sin generar distracciones adicionales. La metodología incluyó pruebas piloto con una muestra de 30 conductores (profesionales y particulares) en simuladores de conducción y trayectos controlados de más de 90 minutos, en horarios nocturnos.

Se evaluaron variables como la frecuencia de microsueños, el tiempo de reacción ante estímulos visuales y la efectividad de las alertas. Los resultados preliminares indican una reducción del 48 % en episodios de microsueños y una mejora del 35 % en tiempos de reacción, comparado con un grupo de control sin el dispositivo. Además, el sistema mostró una precisión del 92 % en la detección de signos de fatiga. En conclusión, AlerLenses representa una innovación tecnológica con evidencia empírica que respalda su eficacia. Su aplicación práctica puede contribuir significativamente a reducir accidentes relacionados con la fatiga, promoviendo una conducción más segura y sustentable.

## Evaluación del diseño de información y experiencia de usuario en la plataforma digital Bosque Urbano

César Hernán Arellano Loera  
Cynthia Lizette Hurtado Espinoza  
Eduardo Galindo Flores

Universidad de Guadalajara - Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño  
cesar.arellano1352@alumnos.udg.mx

**Palabras clave:** Diseño de información, Sustentabilidad urbana.

El crecimiento urbano en el Área Metropolitana de Guadalajara ha reducido las áreas verdes y deteriorado el arbolado urbano, lo que ha generado impactos en la biodiversidad y en la calidad de vida. En este contexto, la asociación Bosque Urbano de Extra A.C. impulsa programas de reforestación y adopción de árboles, apoyados en una página web que busca difundir información, facilitar registros y promover la participación ciudadana. El objetivo de este estudio es presentar la evaluación sistemática de dicha página web desde un enfoque centrado en el usuario, analizando la usabilidad y el diseño de información para identificar áreas de mejora. La metodología adoptada fue cuasi-experimental, con un enfoque mixto que incluyó tres etapas: una encuesta a 86 participantes para medir conocimientos, percepciones y disposición hacia la reforestación; un análisis de tareas con seis usuarios, orientado a registrar tiempos, errores y patrones de navegación; y la aplicación del cuestionario estandarizado SUS para evaluar la percepción general de usabilidad.

Los resultados muestran una brecha entre el interés ciudadano y las limitaciones de la página, reflejada en una baja tasa de éxito en tareas (38.1%), calificaciones moderadas en el SUS (68.5 puntos) y fallas críticas en enlaces e información clave. Estos hallazgos evidencian que, aunque existe disposición a participar en actividades ambientales, la interfaz actual no logra convertir ese interés en acción efectiva. Se concluye que el rediseño de la arquitectura de información, la incorporación de contenidos visuales y accesibles, la implementación de pruebas de usabilidad y mejoras iterativas resultan esenciales para potenciar la comunicación digital, fortalecer la cultura ambiental y consolidar a Bosque Urbano como una marca verde.

## Camisas Magnéticas Inclusivas: Innovación en Ropa Adaptativa para Personas con Movilidad Reducida

Ramírez Villegas Cynthia  
Perales Hernandez Sanjuanita  
Martinez Garcia Catalina  
Villalpando Treviño Cindy  
Lopez Rodriguez Alex Fernando

Tecnologico Nacional de Mexico, Campus Cerro Azul  
cynthia.rv@cerroazul.tecnm.mx

**Palabras clave:** camisas, magneticas, inclusivas.

Este proyecto se enfoca en el diseño y desarrollo de una camisa adaptativa dirigida a personas con movilidad reducida, con el propósito de mejorar su autonomía y calidad de vida mediante una prenda funcional, estética e innovadora. La investigación se basó en un enfoque cualitativo, con entrevistas a usuarios y cuidadores para identificar limitaciones en la ropa adaptativa convencional, tales como la dificultad de manipulación, apariencia poco atractiva y baja durabilidad. A partir de estos hallazgos, se diseñó un prototipo que integra cierres magnéticos de neodimio, permitiendo un uso más sencillo sin comprometer la estética. El modelo fue validado mediante pruebas técnicas con una muestra de 40 usuarios, evaluando parámetros como facilidad de uso, confort, seguridad y diseño.

Los resultados evidencian que la camisa cumple con los requerimientos funcionales, ofrece resistencia al uso cotidiano y presenta un diseño discreto y moderno.

Esto favorece su aceptación y promueve la inclusión social, así como la independencia y autoestima de los usuarios. El desarrollo se posiciona como una alternativa accesible e innovadora dentro del mercado mexicano de indumentaria adaptativa, con potencial para mejorar significativamente la experiencia diaria de las personas con discapacidad.

## Dispositivo de Asistencia Visual para Personas con Discapacidad Visual durante el Desplazamiento Peatonal

Pecero Hernández Gisela  
Lárraga Muñoz Al David  
Elizondo Salazar Guillermo  
Rámirez Dávila Brisa Marisol  
Guzman Valdez Jennifer Yaretzi

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
gpecero@linares.tecnm.mx

**Palabras clave:** Educación Cultura Científica Participación Social

El proyecto VisionTec surge con el propósito de atender las dificultades que enfrentan las personas con discapacidad visual severa, ofreciendo una herramienta tecnológica que mejore su autonomía y seguridad al desplazarse. Su objetivo principal es facilitar la detección de obstáculos mediante sistemas de guía por vibraciones y sonido, contribuyendo a una mayor accesibilidad en entornos cotidianos. La metodología empleada se basa en el diseño y desarrollo de tres dispositivos lentes, gorra y bastón equipados con sensores ultrasónicos que detectan objetos a una distancia aproximada de 60 cm. Al identificar un obstáculo, el sistema emite señales auditivas o vibratorias proporcionales a la cercanía del objeto, brindando al usuario información inmediata sobre su entorno. Se realizaron pruebas controladas en interiores y exteriores que demostraron la funcionalidad y efectividad del prototipo, asegurando una respuesta precisa y confiable en diversas condiciones ambientales. Los resultados indican que la integración de sensores y alertas multisensoriales mejora significativamente la orientación espacial y la confianza del usuario, al tiempo que promueve una movilidad más independiente.

En el contexto de mercado, las tecnologías asistivas muestran un crecimiento anual estimado entre 7% y 9%, lo que refuerza la viabilidad comercial del dispositivo. En conclusión, VisionTec representa una innovación accesible y adaptable, orientada a la inclusión social y tecnológica, con potencial de impacto positivo en la calidad de vida de las personas con discapacidad visual. Además, se proyecta su protección mediante patentes y registro de marca, garantizando la propiedad intelectual y fomentando su desarrollo futuro.

# ELECTROMOVILIDAD Y SISTEMAS DE TRANSPORTE SOSTENIBLE



## Evaluación del impacto económico de transición a camiones eléctricos de carga para un empresario hombre-camión

Sandoval García Edgar Roberto  
Rebollo Hernández Belen  
Martínez Guzmán Anabel  
Ramos Rodríguez Guadalupe Graciela

Tecnológico Nacional de México/TES de Cuautitlán Izcalli  
edgar.sg@cuautitlan.tecnm.mx

**Palabras clave:** camión eléctrico, hombre-camión, viabilidad.

En 2022 México actualizó sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional estableciendo un aumento en la meta de reducción de emisiones de carbono equivalente del 22% a 35% al 2030. En específico para el sector transporte, una de las principales estrategias de mitigación se enfoca en la electromovilidad. Enfocado en un empresario hombre-camión, el objetivo de estudio fue realizar un estudio técnico-económico para identificar los retos financieros y tecnológicos que enfrenta al tomar la decisión de migrar de la tecnología tradicional diésel a camiones eléctricos de carga. El empresario, con un camión de tres ejes de 1978, realiza en promedio 391 viajes al año, recorriendo 281 km por viaje. La unidad, con un costo inicial ajustado por inflación de \$363,399.60 pesos, ofrece un rendimiento de 3.38 km/L y al menos cinco años más de vida útil. Durante el 2023, los costos de combustible representaron el 67% de los flujos de egreso. Actualmente, la inversión aproximada de un camión similar eléctrico y su sistema de recarga en patio es de \$190,000.0 dólares.

Para garantizar la viabilidad del proyecto de transición durante el período 2025-2029, con una tasa de interés del 16%, los flujos de egreso deberán representar menos del 50% de los valores originales ajustados por inflación, obteniendo así un Valor Presente Neto positivo. Al considerar una tasa de interés del 5%, los flujos de egreso deberán representar menos del 69%. Al permitir una reducción de más del 50% en las emisiones de carbono equivalente por tonelada-km respecto a la tecnología de combustión interna, la tecnología de camiones eléctricos requiere de promover el desarrollo de servicios financieros inclusivos y modernos, que impulsen la innovación y la productividad en las empresas, así como un despliegue de infraestructura de carga y políticas gubernamentales dirigidas a incentivar su adopción.

## Factores clave en la gestión de baterías para la transición a vehículos eléctricos de carga

Sandoval García Edgar Roberto  
Cruz Santiago Lorenzo Antonio  
Barragán Pérez Omar  
Muñoz Juárez Montserrat  
Flores Vargas Vanessa

Tecnológico Nacional de México/TES de Cuautitlán Izcalli  
edgar.sg@cuautitlan.tecnm.mx

**Palabras clave:** movilidad eléctrica, flota, gestión, batería.

Con la finalidad de coadyuvar al compromiso de limitar el calentamiento mundial por debajo de 2°C, en comparación con los niveles preindustriales, en 2023 México propuso la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, alineada al Pacto de Glasgow, con la meta aspiracional de que al 2030 el 50% de vehículos nuevos vendidos sean cero emisiones. Los horarios predecibles y rutas relativamente cortas hacen que los vehículos de reparto de última milla sean un candidato ideal para la electrificación. El objetivo de esta propuesta es identificar los factores clave a considerar durante la transición a flotas eléctricas relacionados con el uso adecuado de las baterías.

Derivado de un proceso de recuperación de información se identificaron los siguientes factores a tomar en cuenta: prácticas de carga y gestión inteligente, química de batería, gestión de la capacidad y autonomía, monitoreo y prevención de degradación, seguridad en el manejo y almacenamiento, costos operativos y mantenimiento, así como la gestión de vida útil y la reutilización. La gestión de baterías es crucial para las flotas de vehículos eléctricos porque aumenta la vida útil de la batería, garantiza seguridad y optimiza el rendimiento, lo que se traduce en una mayor rentabilidad.

## Corredor Interoceánico: Estrategia clave para un sistema de transporte sustentable en México

Pecina Rivas Erika Maria  
Cortés Hernández Patricia  
Vazquez Valerio Gabriel Adrián  
Zavala Martínez Adriana  
Pecina Rivas Mauricio Igor

Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli  
erika.pr@cuautitlan.tecnm.mx

**Palabras clave:** Intermodalidad, Ferrocarril, sustentabilidad.

La investigación aborda el Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec (CIIT) como un proyecto sustentable para conectar el Océano Pacífico con el Golfo de México.

El objetivo principal de este estudio es el analizar el impacto potencial del corredor en la creación de un transporte intermodal, multimodal y sostenible, evaluando sus beneficios económicos, sociales y ambientales para la región y el país en general.

Se realizó un estudio cualitativo, documental y descriptivo, utilizando reportes técnicos y fuentes oficiales publicadas entre 2019 y 2025 para evaluar su viabilidad. Se examinaron variables clave como la modernización de puertos, costos logísticos, emisión de CO<sub>2</sub>, la infraestructura ferroviaria y la creación de parques industriales. Se aplicaron métodos comparativos y análisis de casos para identificar oportunidades y desafíos.

En esta investigación la variable independiente es la implementación y desarrollo del (CIIT), y la variable dependiente es el impacto del corredor en la creación de un sistema de transporte intermodal, multimodal y sostenible.

Los resultados indican que el CIIT podría reducir los tiempos y costos de transporte entre el Pacífico y el Atlántico. El pasar por el Canal de Panamá está sujeto a la espera de 9 a 11 días por congestión de barcos o por la crisis hídrica, en comparación con el tiempo de cruce por el CIIT que es de 3 días. Se enfatiza la necesidad de mejorar la gobernanza, aplicar salvaguardas socioambientales y evaluar impactos acumulativos.

El estudio concluye que, si bien el proyecto del CIIT tiene el potencial de dinamizar el comercio y generar empleo, el alcance de la investigación se limita a la información pública disponible.

Se propone como línea futura de investigación la transparencia en los datos operativos y de emisiones, lo que permitiría una evaluación más precisa de los impactos sustentables, de empleo e inversión.

# GESTIÓN Y GOBERNANZA DEL AGUA, INNOVACIÓN EN SANEAMIENTO Y ASEGURAMIENTO HÍDRICO



## AquaVida: Sistema portátil y ecológico para mejorar el acceso al agua limpia en comunidades rurales

Galarza Sosa Oscar Mario  
Maldonado Pesina Ericka  
Carrera Gonzalez Brayan Homero  
Covarrubias Martinez Javier Ivan

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Linares  
omgalarza@linares.tecnm.mx

**Palabras clave:** Agua potable, Filtración natural, Sustentabilidad.

La problemática en México revela que más de 10 millones de personas carecen de acceso continuo a agua potable, especialmente en comunidades rurales y marginadas, lo que pone en riesgo su salud y desarrollo social. Según CONAGUA (2023), aproximadamente el 12% de la población aún no tiene acceso regular a servicios de agua potable, evidenciando la desigualdad en el acceso a recursos básicos.

El proyecto AquaVida busca demostrar la viabilidad de un sistema portátil, económico, ecológico y fácil de fabricar para mejorar la calidad del agua en zonas sin infraestructura. La metodología incluyó diseñar y construir un filtro con materiales naturales como arena, grava y carbón activado en un tubo de PVC, además de realizar pruebas de filtración y análisis de la calidad del agua. Se sometió a agua contaminada con materia orgánica, sólidos en suspensión y microorganismos, así como a soluciones estandarizadas como agua destilada contaminada artificialmente y agua residual tratada.

Los resultados mostraron mejoras significativas: una reducción del 70% en turbidez, más del 90% en coliformes totales y un pH estable entre 6.5 y 7.5. Estas cifras confirman la eficacia del sistema en eliminar agentes microbiológicos y contaminantes, garantizando agua más segura para consumo humano.

Las conclusiones indican que AquaVida es una solución viable, sostenible y adaptable, que puede contribuir a garantizar el derecho al agua limpia, promover la salud y fortalecer la participación comunitaria, mejorando la calidad de vida en comunidades vulnerables. Destaca por su diseño simple, bajo costo y uso de materiales naturales y locales, con resultados superiores en la reducción de contaminantes microbiológicos y físicos, ofreciendo innovación y accesibilidad para comunidades en pobreza y marginación.

## Evaluar la sequía hidrológica en Sinaloa por bajo nivel en presas; tras precipitaciones en 2025

Rigoberto Beltrán Álvarez  
María Guadalupe Beltrán Lizárraga  
Ariadna Colette Perpuli Ceseña  
Amira del Carmen Dagnino Olivas  
Paulina Escalante Ramírez

Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa  
rigobertobeltran51@hotmail.com

**Palabras clave:** Agua, Almacenamiento, Presas Sinaloa, Sequía.

La escasez de lluvias en una zona específica produce sequías, que ocasionan diferentes impactos que modifican la economía y el orden social. Sinaloa ha vivido sequías de manera recurrente desde hace años, con consecuencias en la agricultura, ganadería, pesca y turismo, principales actividades en la región. El objetivo fue evaluar si las precipitaciones registradas en la temporada de lluvias (junio, julio y los primeros 18 días de agosto) de 2025 contribuyen a mitigar la sequía. La metodología empleada fue de corte cuantitativa y descriptiva. Se analizaron los datos diarios sobre el volumen de agua almacenada por presa y el total (Luis Donald Colosio, Gustavo Díaz Ordaz, Miguel Hidalgo y Costilla, José López Portillo, Eustaquio Buelna, Josefa Ortiz de Domínguez, Adolfo López Mateos, Aurelio Benassini Vizcaino, Guillermo Blake, Sanalona y Juan Guerrero Alcocer); así como los porcentajes medios por presa, obtenidos del boletín «Variación en el almacenamiento, aportes y extracciones de las principales presas de Sinaloa» de la Conagua. Los datos se organizaron en una hoja de Excel para facilitar la construcción de gráficas, figuras y tablas.

Se encontró que las lluvias están ayudando en la recuperación de los volúmenes de agua en las presas, aunque en junio han sido poco significativos; se elevan en julio y de manera gradual se sigue incrementando hasta el 18 de agosto del 2025. La presa con mayor porcentaje alcanzado fue Aurelio Benassini Vizcaino, que llegó a 44.2%, y el volumen total almacenado en las once presas fue de 3,447.5 Mm<sup>3</sup>; esto representa un porcentaje promedio de 22.1%, lo que significa persistencia de la sequía. La información representa un avance de investigación, ya que, debido a que aún no concluye el periodo oficial de lluvias, no es posible saber si la sequía se mantendrá o será superada.

## Fabricación y evaluación fotocatalítica de recubrimientos de ZnO para la degradación de azul de metileno

Carla Lorena Jilote Cruz  
Maximiliano Salinas Angon  
Areli Adamary Cruz Ortiz  
Benjamín Portales Martínez  
Lorenzo Antonio Cruz Santiago

Tecnológico Nacional de México / TES de Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán Izcalli, Estado de México  
213142151@cuautitlan.tecnm.mx

**Palabras clave:** Recubrimientos, Sol-gel, ZnO, Fotocatálisis, Colorante.

En el presente trabajo se aborda la síntesis y optimización de recubrimientos de óxido de zinc (ZnO) a través del método sol-gel, utilizando como precursores nitrato de zinc y ácido cítrico, dirigidas a aplicaciones ambientales mediante fotocatalisis. La funcionalidad de los recubrimientos de ZnO se llevó a cabo evaluando la fotodegradación del azul de metileno (MB), proceso que implica la generación de radicales hidroxilos altamente reactivos en medio acuoso, esenciales en los Procesos de Oxidación Avanzada (AOP). El ZnO es un semiconductor tipo-n, no tóxico y económico, ampliamente reconocido por su elevada actividad fotocatalítica en el tratamiento de efluentes industriales. Los catalizadores obtenidos fueron caracterizados mediante espectroscopía infrarroja (IR), difracción de rayos-X (XRD) y espectroscopía UV-Vis por reflectancia difusa (DRS); además, el análisis termogravimétrico (TGA) permitió determinar la temperatura óptima de tratamiento térmico y, experimentalmente, se estableció el tiempo de residencia.

El desempeño fotocatalítico de los recubrimientos se analizó mediante el seguimiento de la degradación del colorante por espectroscopía UV-Vis, determinando los porcentajes de degradación con base en los valores de absorbancia de alícuotas recolectadas en periodos de 30 minutos. El proceso experimental se llevó a cabo en una cámara oscura equipada con una lámpara de luz UV-C de 258 nm y 6W de potencia, donde una solución 30  $\mu$ M de MB fue expuesta a esta radiación. Asimismo, a partir del análisis cinético, se determinó el orden y la constante de reacción. En conclusión, los recubrimientos de ZnO mostraron resultados superiores al 80% de degradación de MB bajo irradiación UV-C. Los análisis permitieron establecer las condiciones de tratamiento para obtener películas homogéneas y funcionales, asentando las bases para la generación de un sistema integrado para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil.

## Gestión Inteligente del Agua: Innovación para el Saneamiento y la Sustentabilidad Hídrica

Lárraga Muñoz Al David  
Cruz Téllez Irving  
Monroy Avilés Stephanie Galilea  
Rodríguez Puga Exxon Ronaldo  
Jiménez Peña Josue Jonathan

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
dlarraga@linares.tecnm.mx

**Palabras clave:** Gestión, IA, Sostenibilidad, Hídrica, Gobernanza.

La investigación habla de un sistema inteligente diseñado para promover el consumo responsable del agua mediante tecnologías de la Industria 4.0, como el Internet de las cosas y la inteligencia artificial. El proyecto surge ante la crisis hídrica que enfrenta la región de Nuevo León, causada por el crecimiento poblacional, la sobreexplotación del recurso y las pérdidas en la red de distribución.

El objetivo principal es desarrollar una herramienta tecnológica capaz de detectar fugas, monitorear la calidad del agua y predecir tendencias de consumo, con el fin de proporcionar información útil tanto a las autoridades locales como a los ciudadanos.

La metodología se basa en la integración de sensores de flujo, presión y calidad del agua conectados a una plataforma central de análisis y visualización de datos, la cual utiliza modelos predictivos para anticipar comportamientos futuros del consumo y detectar anomalías en tiempo real.

Los resultados esperados incluyen una reducción significativa de pérdidas en la red de distribución, mayor eficiencia operativa de los organismos públicos y una mayor conciencia ambiental en la población.

En conclusión, AquaForecast representa una propuesta innovadora y replicable que integra tecnologías emergentes para mejorar la gestión del agua, fortalecer la sustentabilidad y fomentar la participación ciudadana en el uso responsable de este recurso vital.



# MONITOREO AMBIENTAL, BIG DATA Y ALERTA TEMPRANA DE FENÓMENOS METEOROLÓGICOS

## Sistema de biofiltración natural para mejorar la calidad del aire

Gallegos de la Cruz Miguel Angel  
Aguirre Martínez Verónica Lizeth  
Galarza Sosa Oscar Mario  
Rosas Rodríguez Vanesa Carolina  
Muñíz Leos Liliberth

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
mgallegos@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** Biofiltros, Contaminación, Innovación, Calidad, Sostenibilidad.

El proyecto BioFiltroNL surge como una innovación tecnológica para combatir la alta contaminación del aire en zonas urbanas como Monterrey, Nuevo León, utilizando biofiltros naturales con musgo y microorganismos. Su objetivo principal es desarrollar un sistema escalable y eficiente para purificar el aire contaminado mediante procesos biológicos. La metodología incluyó el diseño de prototipos modulares con materiales biodegradables, la selección de especies locales de musgo y microorganismos, y la evaluación de su desempeño en condiciones controladas y reales, mediante mediciones de contaminantes y monitoreo automatizado. Los resultados demostraron una reducción significativa de contaminantes, alcanzando tasas superiores al 80% en partículas PM10 y PM2.5, NOx, COVs y SO<sub>2</sub>, validando la efectividad del sistema. Desde el punto de vista económico, el biofiltro mostró bajos costos de producción, buena rentabilidad y proyecciones de crecimiento sostenido.

En conclusión, BioFiltroNL es una solución ambientalmente sustentable, de bajo costo y fácil implementación, que mejora la calidad del aire, protege la salud pública y contribuye a los objetivos de desarrollo sostenible, ofreciendo una alternativa viable para crear ciudades más saludables y resilientes.

## Estudio de Nanomateriales y Semiconductores para su Posible Aplicación en Remediación Ambiental

Ana Cecilia Piñón Reyes  
Martín Salazar Villanueva  
Javier Flores Mendez  
Fernando Medina Pérez  
Marco Antonio Vicencio Garrido

Instituto Tecnológico de Puebla  
anacecilia.pinon@puebla.tecnm.mx

**Palabras clave:** nanomateriales, semiconductores, DFT, gases contaminantes.

La contaminación por monóxido de carbono (CO) es un grave problema medioambiental debido a que tiene efectos nocivos sobre la salud de las personas y el entorno natural. El CO es un gas que no tiene color ni olor y que se genera cuando los combustibles con base de carbono son quemados parcialmente.

Un aspecto crucial para controlar los contaminantes es la detección mediante el uso de sensores rápidos y precisos que puedan medir estos los niveles. Por ende, se necesitan urgentemente instrumentos de detección que sean más sensibles, fáciles de utilizar, veloces y portátiles. Es en esta área de estudio donde los nanomateriales tienen relevancia; dentro de los materiales de mayor interés se encuentra el grafeno, que posee propiedades únicas como alta conductividad eléctrica, gran superficie y flexibilidad.

Por otro lado, los materiales como los óxidos metálicos pueden ser aprovechados por su capacidad para actuar como semiconductores, ya que estos cambian en presencia de gases específicos, lo que permite su detección.

En este trabajo se utilizaron primeros principios y Teoría Funcional de la Densidad para obtener los parámetros electrónicos y estructurales de nanografenos funcionalizados con óxido de zinc de diferentes tamaños. Los sistemas propuestos son C-(ZnO)<sub>n</sub>-CO con n=1-6.

Se obtuvo la mejor Energía de adsorción de -3.44 eV y un Band Gap de 0.99 eV, este resultado implica quimisorción para el sistema C-ZnO-CO, de esta manera es posible evaluar cuales son los sistemas más efectivos para detectar CO.

## Plataforma de Operaciones de Aprendizaje Automático para Clasificar Imágenes con Datos Sintéticos

Ibáñez Nangüelú Dorian Alberto  
Osuna Coutiño Juan Antonio de Jesús  
Pérez Patricio Madaín  
Maldonado Pesina Ericka  
Morales Navarro Néstor Antonio

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Instituto Tecnológico de Linares  
M25270414@tuxtla.tecnm.mx

**Palabras clave:** CNN, Huracanes, IA, LoRA, Sintéticos.

La clasificación de huracanes mediante inteligencia artificial (IA) y Visión por computadora es esencial para la protección civil, pero se ve obstaculizada por la escasez de imágenes de entrenamiento para ciertas categorías. Una alternativa es usar modelos generativos para crear imágenes sintéticas, aunque su tendencia a producir defectos requiere tradicionalmente una supervisión humana. El objetivo de este trabajo fue validar una metodología de generación supervisada que automatiza este proceso: se utiliza una red neuronal de clasificación para evaluar y aprobar las imágenes creadas por un modelo generativo, estableciendo un ciclo de retroalimentación que mejora continuamente la calidad del conjunto de datos. El método se desarrolló en tres fases: 1) se especializó un modelo generativo (Stable Diffusion + LoRA) con imágenes reales; 2) el modelo generó un gran volumen de imágenes que fueron filtradas por la red neuronal de clasificación (ej. VGG16); y 3) las imágenes aprobadas se utilizaron para entrenar al clasificador experto.

Los experimentos confirman la necesidad de un enfoque híbrido, ya que los modelos entrenados solo con datos sintéticos no generalizan adecuadamente a imágenes reales (F1-Score promedio menor a 0.45). La metodología validada sirve como base para alcanzar una clasificación de huracanes superior al 85%, fortaleciendo las capacidades de alerta temprana. La automatización del flujo de trabajo (o pipeline) mediante MLOps (Operaciones de Aprendizaje Automático) válida el enfoque como una solución escalable y eficiente para la protección civil ante estos fenómenos meteorológicos.

## Importancia del monitoreo de la precipitación a escala subhoraria en zonas urbanas

Núñez González Gerardo

Universidad de Guadalajara – Centro Universitario de la Costa Sur  
gerardo.nunezg@academicos.udg.mx

**Palabras clave:** Inundaciones, Monitoreo, Precipitación, Zonas Urbanas.

En años recientes, las noticias sobre inundaciones en centros urbanos se han vuelto recurrentes. Las inundaciones en centros urbanos dependen de la cantidad de escurrimiento producido por una tormenta. Haciendo una simplificación del proceso de escurrimiento al tomar como base el Método Racional Americano, se tiene que la cantidad de escurrimiento depende de la intensidad de la precipitación en la zona de estudio, así como de su coeficiente de escurrimiento, mismo que se encuentra entre otros factores en función del tipo y uso del suelo. El efecto del cambio de uso de suelo en el coeficiente de escurrimiento ha sido objeto de estudio en la literatura especializada; sin embargo, la caracterización de tormentas a escala subhoraria en zonas urbanas es un tópico de interés reciente ya que permite un mejor acercamiento a las intensidades instantáneas observadas durante una tormenta, lo cual es de especial utilidad en zonas donde los escurrimientos se concentran rápidamente.

En este sentido, el objetivo de este trabajo consistió en el análisis y comparación de las intensidades de las tormentas cuando son calculadas a escala subhoraria con el propósito de inferir el efecto que pudieran provocar en los escurrimientos. Para ello se utilizan datos de precipitación registrados a intervalos de 10 minutos en 3 estaciones ubicadas en la ciudad de Autlán, de Navarro, Jalisco. Los resultados muestran que las intensidades medias por tormenta pueden llegar a los 28 mm/h mientras que las intensidades instantáneas en intervalos de 10 minutos pueden llegar a alcanzar los 200 mm/h lo cual puede resultar en grandes cantidades de escurrimiento en áreas donde el coeficiente de escurrimiento sea alto. Lo anterior muestra la necesidad de monitorear el comportamiento de la precipitación a intervalos de tiempo horarios o subhorarios con el propósito de conocer la respuesta ante eventos de precipitación extremos.



# TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y NUEVAS TECNOLOGÍAS DE ENERGÍAS RENOVABLES

## Análisis para el diseño de un mecanismo adaptado a un torniquete para captación de energía

Daniel Alejandro Pérez Uc  
Susana De León Aldaco  
Jesús Aguayo Alquicira  
Luis Miguel García Félix  
Sandra Pedrero Hernández

Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Cuernavaca, Morelos  
daniel\_perezuc@cenidet.tecnm.mx

**Palabras clave:** Baterías, generador, torniquete, sustentabilidad, engrane.

Este estudio analiza la efectividad de un diseñar, e implementar de un sistema de recuperación de energía eléctrica a partir del movimiento mecánico generado por el paso de personas a través de los torniquetes de la biblioteca universitaria, determinando su capacidad de generación promedio bajo diferentes condiciones de uso. El trabajo adopta un diseño experimental y de simulación en software, enfocado en el desarrollo y análisis de un prototipo funcional. El procedimiento comprende la selección de componentes mecánicos y eléctricos. La elección del generador eléctrico se basa en el rango de velocidades de giro esperado y la producción por giro, el sistema de tren de engranajes se dimensiona para optimizar la transmisión del par y la velocidad.

Se requiere de un sistema de acoplamiento para la transmisión del movimiento desde el trípode del torniquete hasta el generador. Se cuenta con una base de dato de 1800 estudiantes inscritos, de 200 días hábiles (7:00–19:20 h) y 36 sábados (8:00–16:00 h). Con un promedio de afluencia en horas pico (12:00–14:00 h) de 398 a 482 usuarios, según registros institucionales. Las Pruebas de funcionamiento realizadas se establecen en un rango de 1500 8678 rpm de operación del generador. La velocidad promedio observada fue de 5,089 rpm. y mediante interpolación en la curva característica del generador, esta velocidad corresponde a una corriente aproximada de 50.21 A.

## Pobreza energética en localidades rurales indígenas aisladas: Desafíos para una transición energética sostenible

Susana Carolina Guzmán Rosas

Centro Regional de Formación Docente e Investigación Educativa de Tamaulipas (CRETAM), Ciudad Victoria, Tamaulipas.  
sguzmanr@cinvestav.mx

**Palabras clave:** Pobreza energética, Transición energética, Sostenibilidad.

En el marco del “InEPEC Research Project 2022-2023” (FPRN, El Reino Unido), con el objetivo de analizar la pobreza energética en su modalidad de falta de acceso a la electricidad en localidades rurales indígenas aisladas del estado de San Luis Potosí, México, se identificaron y caracterizaron los desafíos para una transición energética sostenible en el Municipio de Aquismón. Se utilizó una metodología mixta: investigación documental, visitas etnográficas, observación participante y estudio de casos tipo (14) con aplicación de cuestionario en viviendas de 4 localidades seleccionadas. Se encontró que, según datos oficiales, sólo el 92% de las viviendas municipales tienen acceso a la red pública eléctrica, quedando 1,001 viviendas sin energía eléctrica. La lejanía, la dispersión geográfica, la falta de caminos y la normativa de la Comisión Federal de Electricidad son factores primordiales que inciden en la problemática. En este contexto, diversas localidades fueron parcialmente electrificadas mediante programas de paneles solares.

Sin embargo, esta política pública mostró limitaciones específicas y falta de sostenibilidad: 1) Técnica porque entregaron paquetes sin instalarlos, no proporcionaron mantenimiento ni capacitación a la población, los paneles

solares no satisfacen las necesidades energéticas básicas de la vivienda, tampoco de manera permanente, 2) Política por falta de interés y seguimiento a programas, 3) Económica porque la batería de los paneles solares dura 3 años, ocasionando gasto público o familiar permanente, los beneficiarios desesperadamente modifican o sustituyen la batería por componentes no aptos, exponiéndose a accidentes, intoxicaciones o incendios y 4) Ambiental porque las viviendas con paneles solares inservibles continúan registradas como electrificadas, acumulado desechos tecnológicos contaminantes. Se concluye que los factores de incidencia y la falta de sostenibilidad en los programas de paneles solares perpetúan la pobreza energética y promueven complicaciones adicionales, por lo que incluirlos en una política de transición energética sostenible podría resultar benéfico para la población.

## Determinación del Potencial Energético de Residuos Agrícolas, Forestales y Agroindustriales en el Estado de Michoacán

González Cárabes Ricardo  
López Sosa Luis Bernardo  
Rutiaga Quiñones José Guadalupe  
Pintor Ibarra Luis Fernando

Universidad Intercultural Indígena de Michoacán  
dragutinovic1987@hotmail.com

**Palabras clave:** Biocombustibles, residuos, energético.

El incremento poblacional y una industrialización desenfrenada ha propiciado un aumento en el consumo de energía fósil, lo cual afecta al medioambiente, lo que demanda el desarrollo de recursos energéticos alternativos como los biocombustibles del tipo sólido. El uso de la bioenergía sólida en Michoacán proviene casi en su totalidad de la leña, la cual se utiliza en hogares de áreas rurales, incrementando la deforestación de los bosques, en esta investigación se propuso el uso de residuos agrícolas como biocombustibles, presentado un análisis del contenido energético de residuos agroindustriales de cultivos como aguacate, caña, lenteja, mango y Maíz. Para llevar a cabo el análisis se recolectaron 5 kg de residuos por cultivo, los cuales se sometieron a un proceso de deshidratación, una vez deshidratadas se trituraron las muestras y se obtuvo un tamaño de partícula de 425  $\mu\text{m}$ .

Los resultados del análisis nos arrojaron valores de 13.2 kJ/g para el aguacate, 14.7 kJ/g para la caña y 16.7 kJ/g para la lenteja, 15.5 KJ/g del maíz y los 18.4 KJ/g del mango, comparados con el valor calorífico de la madera reportado en la literatura que va de los 18 kJ/g a los 22 kJ/g, se puede concluir que los residuos del mango y la caña son los que mejor rendimiento tienen, sin embargo es importante resaltar la disposición que se tiene de los residuos de estos cultivos, para lo cual se llevó a cabo un estudio de campo donde se obtuvo que el aguacate y el maíz son los cultivos que más predominan, con un aproximado de 5, 186,713 y 493,250 hectáreas respectivamente, generando un estimado 2 377 TJ/año y 37,095 TJ/año respectivamente, esto es importante ya que se busca que estos residuos puedan sustituir en parte el uso de la madera en los hogares de comunidades indígenas.

## Influencia de los parámetros de depósito en películas delgadas de ZnO obtenidas por RF-Sputtering reactivo

Mora-Carvajal Montserrat  
Loeza-Poot Mariely  
Mis-Fernández Ricardo  
Camacho-Espinosa Eduardo  
Flores Eduardo

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Mérida Yucatán  
gorettymontserratmoracrj@gmail.com

**Palabras clave:** Semiconductores, película delgada, materiales abundantes.

El óxido de zinc (ZnO) es un semiconductor con propiedades optoelectrónicas sobresalientes. Se caracteriza por su alta transmitancia y su band gap de 3.3 eV, lo que le permite ser transparente a la luz visible, aplicándose en diversas áreas como en la conversión de energía. En este trabajo, se estudiaron las propiedades fisicoquímicas de películas delgadas de ZnO depositadas por RF-Sputtering reactivo, variando la temperatura del sustrato (TS) y la presión parcial de oxígeno (PPO<sub>2</sub>). Las películas se depositaron sobre sustratos de vidrio, usando una presión de trabajo de 15 mTorr, una PPO<sub>2</sub> de 3 y 7 %, una potencia de 100 W, y TS de temperatura ambiente, 200 °C y 400 °C, durante 20 minutos. Visualmente, las muestras de ZnO presentaron una variación en la coloración de transparente a oscuro al disminuir la PPO<sub>2</sub>. El patrón de difracción de rayos X reveló la presencia tanto de ZnO (hexagonal) como de Zn metálico (cúbico), además de un aumento en la cristalinidad a mayores TS y PPO<sub>2</sub>.

La resistividad eléctrica, obtenida por el método de 4 puntas, varió entre 0.088 y 0.137 m $\Omega$ ·cm, disminuyendo a elevadas TS y bajas PPO<sub>2</sub>. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) revelan una morfología de granos pequeños, homogéneos y compactos en el ZnO transparente. En contraste, el ZnO oscuro presenta una superficie de textura rugosa. Estos resultados permiten establecer las condiciones óptimas para obtener películas de ZnO con propiedades ajustables, capaces de variar la coloración de transparente a oscuro, lo que permite modular la transmisión y absorción de luz, sentando bases sólidas para etapas posteriores de desarrollo según la aplicación que se requiera.

Agradecimientos: A LANNBIO Cinvestav- Unidad Mérida por las mediciones (FOMIX-Yucatán No. 2008-108160). M. Loeza-Poot (CVU: 556332) agradece al SECIHTI por la beca posdoctoral.

## Energía eólica: retos, avances e impacto estratégico en el desarrollo sostenible

Elizondo Salazar Guillermo  
Alemán Cruz Víctor Osmar  
Lárraga Muñoz Al David  
Ramírez Dávila Brisa Marisol  
López Ocañas Roberto

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
gelizondo@itlinares.edu.mx

**Palabras clave:** Energía, Producción, Renovable, Almacenamiento, Eólica.

La energía eólica se ha consolidado como una fuente renovable clave para la transición hacia un modelo energético sostenible, aunque presenta la limitación de no poder producir energía de forma constante, ya que depende directamente de la velocidad y fuerza del viento. Esta intermitencia genera fluctuaciones en la producción eléctrica, afectando la estabilidad del sistema energético y aumentando los costos al requerir sistemas de respaldo o almacenamiento. Sin embargo, lejos de representar una desventaja definitiva, este desafío impulsa la innovación tecnológica, la planeación y la mejora de los sistemas de control. Actualmente, la energía eólica se encuentra en una etapa de madurez tecnológica y expansión global gracias a los avances en ingeniería, materiales y digitalización. Las turbinas modernas alcanzan potencias de entre 12 y 16 MW, utilizan materiales compuestos ligeros y resistentes, e incorporan sensores inteligentes que optimizan su funcionamiento y mantenimiento.

Entre las principales innovaciones destacan: el diseño aerodinámico optimizado de las palas, que permite captar energía con vientos bajos; el escalamiento de turbinas más grandes y potentes, que mejoran la eficiencia; y las mejoras en sostenibilidad ambiental, reduciendo emisiones y promoviendo materiales reciclables. El proyecto universitario propuesto busca construir un prototipo funcional de turbina eólica a pequeña escala con fines didácticos, integrando conocimientos de ingeniería mecánica, eléctrica y ambiental. Finalmente, este tipo de iniciativas contribuye al fortalecimiento del sector estratégico de las energías renovables, impulsando la independencia energética, la reducción de emisiones contaminantes y la formación de profesionales comprometidos con la innovación y la sostenibilidad. hogares de comunidades indígenas.

## Desarrollo de un calentador solar de aire y evaluación térmica para condiciones de bioclima semifrío

Chávez Galán Jesús  
Martínez Galván Rosa María  
Trujillo Andrade Yolanda Leticia  
Osorio Malagón Eduardo Antonio

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla  
jesus.chavez@puebla.tecnm.mx

**Palabras clave:** Calentador, solar, aire, eficiencia.

El incorrecto diseño térmico de edificaciones y la inadecuada selección de materiales de construcción, acorde al clima local, generan condiciones que no permiten la sensación de bienestar térmico humano en su interior, además de un consumo energético extra para corregirlas. Como una alternativa de solución, se diseñó y construyó un calentador solar de aire con captador de placa plana y geometría rectangular, y se presenta la evaluación experimental de su desempeño térmico cuando opera bajo condiciones de temperatura e irradiancia de la ciudad de Puebla, cuyo tipo de bioclima se considera semifrío. El dispositivo desarrollado tiene dimensiones de 0.85 m x 0.62 m x 0.21 m, por el que se hace circular aire ambiental por medio de un ventilador axial sin escobillas de 12V DC y 92 mm de diámetro.

Se midieron parámetros de temperatura y velocidad del aire, irradiancia solar y se calculó la eficiencia térmica del dispositivo desarrollado cuando trabaja en estado estacionario. El calentador logra incrementos de temperatura del aire de 18 hasta 33°C, lo cual depende de los valores de irradiancia solar y de la temperatura de entrada del aire al momento de las pruebas, mientras que la eficiencia térmica estimada fue de 36 hasta 59%.

## Optimización del Secado del Chile Piquín (*Capsicum annuum* L.) Var. *Glabriusculum* Para Mejorar su Calidad y Vida de Anaquel

Santiago Torres Guerrero  
Bertha Yadira Elizondo Nolazco

Instituto Tecnológico de Linares, Carretera Nacional km 157, Linares N.L.  
sguerrero@linares.tecnm.mx

### RESUMEN

Debido a que el chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) tiene una fuerte demanda, algunas industrias han optado por introducir productos adicionándolos con este fruto o siendo el mismo chile procesado en presentaciones racionadas para su venta. Existe una gran problemática debido a la obtención de esta materia prima, ya que es un producto de temporada y debido a las condiciones climáticas y factores antropogénicos esta población ha disminuido, esta investigación surge a raíz de la demanda del chile ya que la industria solicita métodos para que exista producción de chile en todo el año, la idea de este proyecto es determinar el método más adecuado para que el chile piquín se conserve por periodos largos de tiempo aumentando su vida útil, tanto en anaquel, como en almacenaje. Para lo antes mencionado se empleó el método de secado al ambiente como prueba de control y la de secado en estufa probando diferentes temperaturas y se realizó la medición de fuerza de rompimiento de los frutos y dio como resultado que la temperatura con más aceptación es la de 63 °C, y la de más alta resistencia la que temperatura a ambiente, y

la de menor resistencia fue la de 80 °C en estufa.

### ABSTRACT

Because the Chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) has a strong demand, some industries have chosen to introduce this product added the fruit or remain the same presentations chilli rationed processed for sale. There is big problem due to the seasonal product and due to climatic and anthropogenic factors, this population has decreased, this preliminary draft arises from chilli demand as the make chilli production exists throughout the year, For the above method was used as drying temperature and the control test Steaming testing was performed at different temperatures and measuring the breaking strength of fruits and resulted in the temperature of acceptance is more 63 °C, and the highest resistance of the ambient temperature at which, and the strength was lower than 80 °C in an oven.

### INTRODUCCIÓN

El chile es un producto agrícola de gran importancia para México, dado que ocupa

el segundo lugar mundial como productor de esta hortaliza, con una producción de 1.8 millones de toneladas anuales (25% de la cual se exporta), que equivalen a cerca de 150 mil hectáreas sembradas, con un valor estimado en más de siete mil millones de pesos (INEGI, 2005). El consumo de chile (*Capsicum annum L. var. glabriusculum*) representa un hábito alimenticio importante en la historia y cultura de México. Su consumo en sus múltiples formas data desde tiempos prehispánicos y actualmente está arraigado en todos los estratos socioeconómicos del país. El mayor volumen de chile piquín que se comercializa proviene de colectas de plantas silvestres. El secado es una operación que se encuentra en casi todos los sectores Industriales, desde los agrícolas a los farmacéuticos. Es seguramente la operación unitaria más antigua. La remoción de agua de las frutas y verduras, se realiza con el fin de disminuir su actividad de agua y así inhibir el desarrollo microbiano y reacciones enzimáticas, causantes del deterioro de las mismas. Muchos productos agrícolas requieren un secado post-cosecha para su adecuada conservación hasta que llegan a los centros de consumo. Aún en el caso de los productos que se comercializan en forma fresca, el secado ofrece una alternativa al agricultor cuando existen problemas de transporte o se producen bajas de precio por sobreproducción.

### JUSTIFICACIÓN

La comercialización de chile piquín es del 90 % como fruto fresco, su consumo podría incrementar ofreciendo al mercado una diversidad de productos pero hace falta el desarrollo de tecnologías para la

industrialización del mismo para llegar a lograr una conservación y a su vez una diversificación de productos. Como es bien sabido esta variedad de chile tiene ciertas problemáticas para su conservación. Es por eso que en el presente trabajo se aplica un proceso de conservación de frutos de chile piquín bajo un método de deshidratación en estufa. De tal manera ya los mismos productores puedan convertirse en pequeñas empresas que fabriquen sus productos, y a la vez no tengan que vender a precios muy por debajo de su valor real su producción; y por consiguiente el consumo podría incrementarse si se encontrara a nivel industrial formas de preservación que pudieran proveer a los usuarios un producto durante toda la época del año. Además como es un producto que es altamente perecedero esto se lograría conservando el chile piquín durante el mayor período posible, y así lograr alargar su vida en anaquel.

### ANTECEDENTES

Hoy en día el consumo de chile forma parte de la dieta del mexicano en todos los niveles sociales, por ello se puede considerarse como un común denominador entre clases. (Long, 1986).

En México, el consumo de *Capsicum annum Var. Aviculare/glabrisuculum* el cual es considerado como el progenitor de la especie domesticada según Eshbaugh (1980); representa un hábito alimenticio importante en la historia y cultura, su consumo en sus múltiples formas data desde tiempos prehispánicos y actualmente está arraigado en todos los estratos socioeconómicos del país. La distribución

de la producción del chile piquín abarca las zonas bajas, desde el sur de los E.U.A. hasta Perú. En forma natural, se le encuentra después de la época de lluvias en zonas de matorral submontano, (Pedraza y Gómez, 2008).

El producto, que se comercializa en estado fresco, seco y encurtido, proviene de recolecciones que se realizan en el monte de forma estacional, después del periodo de lluvias ya que no existen siembras comerciales por carecer de tecnologías de producción adecuadas a este tipo de chile (INIFAP, 2011).

### Deshidratación

El secado es un proceso esencial en la preservación de los productos de origen agrícola, el cual ha venido siendo utilizado por el hombre desde hace muchos años. El secado usualmente se define como el proceso de remoción térmica de sustancias volátiles (humedad) hasta obtener un producto seco (Mujumdar, 2006). Es una operación unitaria en la que se da el transporte simultáneo de calor y masa (Fito et al., 2001): La transferencia de energía (principalmente como energía calórica) desde el medio circundante para evaporar la humedad de la superficie y la transferencia de la humedad interna hacia la superficie del sólido y su evaporación posterior (Mujumdar, 2006).

El secado es un método de conservación de los alimentos que consiste en reducir a menos del 14 % su contenido de agua (Calderón., 2008) El agua se elimina de los alimentos en condiciones naturales mediante diferentes procesos de deshidratación controlada, y en operaciones

tan comunes como la cocción y el horneado. Sin embargo, en el procesado moderno de alimentos, los términos de deshidratación de alimentos y concentración de alimentos han adquirido significados más bien especiales.

### HIPÓTESIS

H: El proceso de conservación por deshidratado en estufa produce grandes cambios en los atributos de calidad y vida de anaquel del chile piquín (*Capsicum annum L. var. aviculare/glabriusculum*).

### OBJETIVOS

#### Objetivo general:

Evaluar los cambios que se presentaron en los atributos de calidad como pérdida de humedad, peso y medidas de diámetros así como ver como se afecta la vida en anaquel del chile piquín (*Capsicum annum L. var. Aviculare/Glabriusculum*) al ser tratado en estufa deshidratadora.

#### Objetivos específicos:

- Determinar la temperatura óptima para deshidratar los frutos del chile piquín en estufa.
- Monitorear los atributos de calidad (pérdida de humedad, diámetros, dureza) del chile piquín.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló la mayor parte en el laboratorio de la facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León consistió, en la obtención de frutos de chile rojo, para proceder a su deshidratación y medición de atributos de calidad.

Para determinar el número de muestra necesaria por tratamientos y así estimar la media en los muestreos, se determinó el número mínimo de muestras necesarias ("n") con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de humedad} = (P_i - P_f) / P_i \times 100$$

donde P<sub>i</sub> es el peso inicial de la muestra fresca y P<sub>f</sub> el peso final de la muestra seca.

$$n = \frac{S^2(t(n-1))^2}{(\bar{x})(e)}$$

Dónde:

n= número de muestras por tratamiento

S<sup>2</sup>= varianza de la muestra

(t(n-1))<sup>2</sup>= valor de "t" según los grados de libertad

$\bar{x}$ = media aritmética del pre-muestreo

e= valor de confiabilidad

Expresión matemática utilizada,

Ya con los resultados se formaron 14 tratamientos, cada uno con 4 repeticiones

**Tabla 1. Tratamientos, temperaturas y variables**

Tratamiento	Temperatura	% de humedad	Dureza	Vida de anaquel	Análisis proximal
T1	Am-biente	X	X	X	Solo se le realizó el análisis proximal
T2	50 °C	X	X		
T3	53 °C	X	X		
T4	55 °C	X	X		
T5	58 °C	X	X		
T6	60 °C	X	X	X	A las temperaturas que dieron
T7	63 °C	X	X		
T8	65 °C	X	X		
T9	68 °C	X	X		

T10	70 °C	X	X	X	Mejores resultados
T11	73 °C	X	X		
T12	75 °C	X	X		
T13	78 °C	X	X		
T14	80 °C	X	X		



**Figura 1.- Medición de diámetros y pesado de los frutos para determinar el número de muestras**

### Deshidratación

Las muestras se colocaron en bolsa de papel dextrosa, para obtener la masa seca del chile piquín para conocer la humedad inicial de la muestra se determinó por desecación en la estufa a 105 °C (AOAC, 2000); Los resultados se expresan el porcentaje de humedad calculados según:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde

P<sub>i</sub>= peso inicial de muestra fresca

P<sub>f</sub>= peso final de muestra seca

Expresión matemática para estimar la humedad



**Figura 2.- Colocación de las muestras en la estufa para determinar la humedad inicial**

se secó a temperaturas ambiente, una muestra y cuatro repeticiones como control, a la sombra, se registró cada tres días la pérdida de peso y dio un total de 12 días de ensayo a una temperatura ambiente en promedio de 25 °C con variaciones de 23 a 27 °C dado a que se realizó en el mes de diciembre esta prueba, también se utilizaron 3 estufas, deshidratadoras donde los frutos 50°C, 53°C, 55°C, 58°C, 60°C, 63°C, 65°C, 68°C, 70°C, 73°C, 75°C, 78°C y 80 °C, verificando las variaciones de peso cada treinta minutos, hasta que dieran peso constante; para la medición del peso de las muestras se utilizó una balanza analítica con un margen de error de ± 0.001.



**Figura 3.- Identificación y colocación en recipientes de plástico de las muestras por temperaturas, para su evaluación de vida de anaquel**

### Medición de firmeza de los frutos

La dureza es un parámetro muy importante debido a que, esta variedad de chile no es carnoso como, el serrano o jalapeño, y al someterlo a altas temperaturas, puede deshidratarse y quedar tostado o quemado, muy rápido lo cual implicaría un rompimiento llegando a pulverizarse con mucha facilidad, para tal ensayo se utilizó una máquina moderna llamada SHIMADZU, este aparato tiene controladores electrónicos muy precisos, y una elevada sensibilidad y gran versatilidad.

El procedimiento consistió en calibrar, la máquina en una fuerza máxima de 20 kg/mm a una velocidad de 5 mm/s, posteriormente se colocó cada fruto en la máquina y se acciono. Se les realizó el ensayo a 5 frutos por tratamiento y 5 por cada repetición; 5 frutos porque un pre muestreo y ensayo del rompimiento de frutos arrojo que con 5 frutos era suficiente para un análisis estadístico fiable.



**Figura 4.- Colocación de muestras y utilizado de la máquina SHIMADZU para determinar la dureza de los frutos**

## RESULTADOS

Para evaluar los efectos y ver la diferencia entre las temperaturas con respecto a la humedad se le aplicó un ANOVA, a las temperaturas las cuales incluían la temperatura al ambiente y las de la estufa el resultado dio un alto grado de significancia con una  $p=0.0000$ , y en la gráfica se aprecian las diferencias entre las temperaturas.

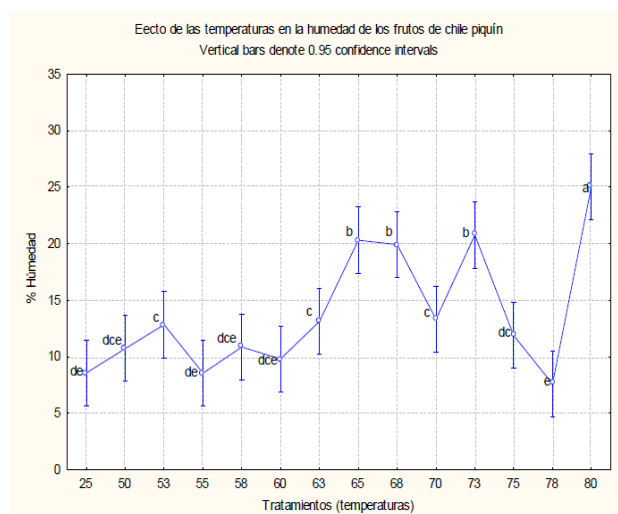


Figura 5.- Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Las temperaturas que se consideran mejores son la de ambiente (25 °C en promedio), 55 °C, 58 °C, 60 °C, 63°C y 70°C, por estar en un rango de humedad menor a 14 % de humedad. Encontró Montoya y colaboradores 2011, en lo que respecta a temperatura ambiente también encontraron una diferencia significativa de  $p<0.05$  en secado al ambiente dejando ellos chile chiltepín a una humedad de 3% en un periodo de 8 días, esto porque ellos evaluaron la disminución de capsaicinoides a temperatura ambiente. Mientras que Muñoz (2000) encontró también una  $p=0.01$ , en secado en estufa de rajadas de chile

Anaheim.

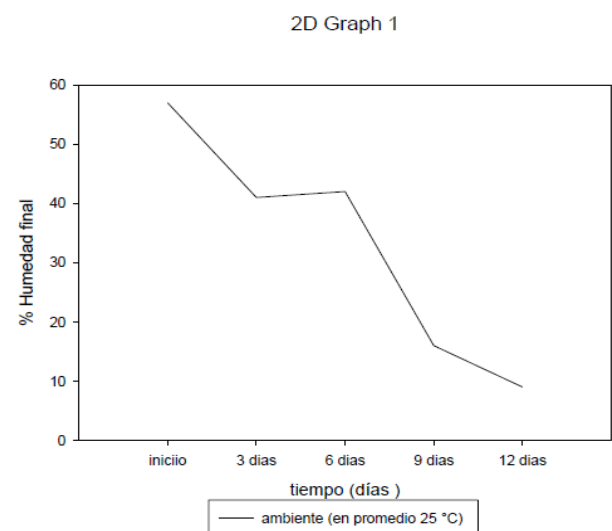


Figura 6.- Curva de secado a temperatura ambiente dejando al producto en un 10 % de humedad,

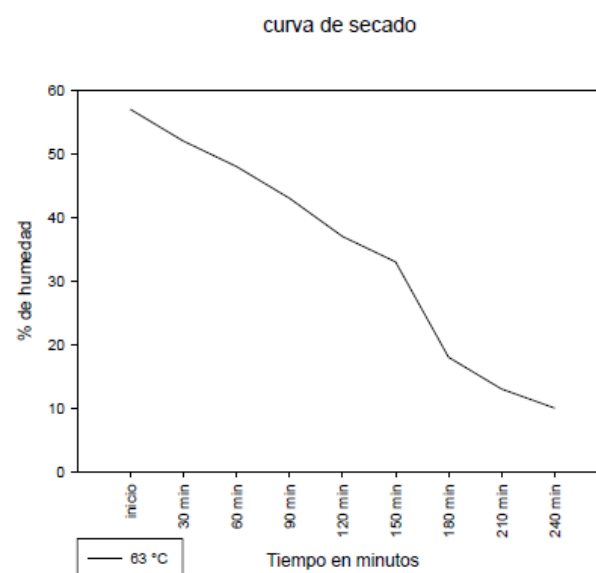


Figura 7.- La temperatura de 63 °C se consideró la más óptima para secado en estufa

En lo que respecta a la dureza de los frutos también se obtuvo un alto grado de significancia con una  $p=0.000$ , entre las temperaturas empleadas en los tratamientos dando como resultado de mayor firmeza los

frutos tratados a temperatura ambiente, seguido por las temperaturas de 50°C hasta los 68 °C y con una menor dureza los frutos tratados con temperaturas de 70 a 80, lo cual indica que a esas temperaturas esta variedad de frutos se tuesta,



Figura 8.- Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Se elabora un análisis de correlación para ver si tenían relación la dureza con la humedad y dio un resultado fue de un alto grado de significancia con una  $p=0.0000$  y una significancia negativa de  $r=-.8352$ , lo cual lo cual indica que al aumento de temperaturas la dureza disminuye lo cual es lógico porque se tuesta el pericarpio del chile lo cual la hace más fácil de romper.

## CONCLUSIONES

En el secado de chile piquín, a estufa se encontró que la temperatura más adecuada para deshidratarlo es de 63 °C con una humedad final de 13 %, ya que el tiempo requerido para alcanzar esa humedad fue de 4 horas.

El valor agregado del presente estudio es el impacto sostenible que desencadenara ya que al establecer un sistema de producción

por secados e establecerían reglas comunitarias de recolección para evitar la sobreexplotación, se fomentará la cultivación semi-domesticada para producirlo fuera de temporada, conocer y combatir plagas que lo afectarían, sin mencionar que se promoverá su valor cultural y ecológico como parte del patrimonio biocultural de México.

## BIBLIOGRAFÍA

- Calderón, J, M, D., Jurado, J, E. Y., 2008. CONSERVACIÓN DE BABACO (Carica pentágona), MANGO (Magnifera índica) Y PEPINO DULCE (Solanum muricatum) MEDIANTE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DIRECTA. Tesis de licenciatura de la Universidad Técnica del Norte. Ecuador 2008
- Eshbaugh, W. H. 1980. The taxonomy of the Genus Capsicum (Solanaceae.). Phytologia. 47:153-166.
- FITO, P., Andres A., Barat J., Albors A. (2001). Introducción al secado
- INEGI. Anuario Estadístico de los estados Unidos Mexicanos. Edición 2005. pp 56-59.
- INIFAP. 2011 Generación de tecnologías de producción de chile piquín (Capsicum annum var. aviculare). Folleto informativo
- Long S. J. 1986, Capsicum y cultura: La historia del chilli. Fondo de cultura económica México
- Montoya, L, C., B1., Rodríguez G, C., Robles, L, E., Martínez., García G. EFECTO DE LAS VARIABLES DE SECADO SOBRE LA EVOLUCIÓN

DE LA CONCENTRACIÓN DE CAPSAICINOIDES Y COLOR EN CHILTEPÍN (*Capsicum annuum* L), 2011. Unidad de Investigación de Alimentación y Desarrollo. Hermosillo Sonora.

Mujumdar, A. (2006). Principles, Classification, and Selection of Dryers. Handbook of Industrial Drying. 4 -31 p.

Muñoz, N, J 2000. Efecto del método de pelado y la temperatura de secado sobre la calidad de rajitas de chile anheim. Universidad de Occidente, Sinaloa México

Pedraza, L. C. y A. A. Gomez 2008: Análisis exploratorio del mercado y la comercialización de chile piquín (*Capsicum. annuum*, var. *Aviculare*) en México.

<http://www.eumed.net/rev/tecsistecat/n5/prgg.htm>. (Consultado el 22 5 de noviembre de 2012).

Wang, Z., Acha, S., Bird, M., Sunny, N., Stettler, M., Wu, B., Shah, N. (2024). A total cost of ownership analysis of zero emission powertrain solutions for the heavy goods vehicle sector. *Journal of Cleaner Production*, Volume 434, 139910. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139910>.

Zhao, P., Zhang, S., Santi, P. et al. (2024). Challenges and opportunities in truck electrification revealed by big operational data. *Nat. Energy* 9, 1427–1437. <https://doi.org/10.1038/s41560-024-01602-x>

## Cubiertos Comestibles: una Alternativa Innovadora Para Reducir la Contaminación por Plásticos.

Elizondo Nolazco Bertha Yadira  
Torres Morales Susana del Carmen  
Cárdenas Vega Claudia  
Muñoz Ramos Mayra Alejandra  
Torres Guerrero Santiago

Instituto Tecnológico de Linares, Carretera Nacional Km. 157, Linares N. L.  
[belizondo@itlinares.edu.mx](mailto:belizondo@itlinares.edu.mx)

### RESUMEN

El documento aborda la problemática de la contaminación por plásticos, destacando el impacto ambiental, la duración de su degradación. Además, se propone una solución innovadora: la producción, comercialización y uso de cubiertos comestibles hechos de ingredientes accesibles como arroz, trigo, y ajonjolí, que son biodegradables, nutritivos y funcionales. Se describen las propiedades nutricionales del arroz y el ajonjolí, ingredientes clave en estos cubiertos, resaltando sus beneficios para la salud y el medio ambiente. La metodología, contempla la elaboración, la cual incluye triturar, mezclar, moldear y hornear, El desarrollo implica además de la producción la medición de la durabilidad del cubierto, en este caso específico las cucharas sometidas en agua, sopa y licuados a diferentes temperaturas, frías, templadas y calientes. Los resultados se analizan mediante la herramienta Excel demostrando que la mayor durabilidad de los cubiertos es a una temperatura de 24°C teniendo que puede estar sumergida durante un promedio de 30 minutos sin que sufra algún cambio ni en el cubierto ni en el alimento en cuestión. Finalmente, se sugiere que la adopción de

cubiertos comestibles para aquellos negocios de alimentos preparados que puedan usarlos

con sus comensales y/o comercializarlos, contribuyendo con una parte de la reducción en la generación de residuos plásticos, promoviendo hábitos más sustentables. La conclusión enfatiza la importancia de impulsar la producción comercialización y distribución de estos utensilios en comunidades locales ya nivel industrial, contribuyendo a la conservación ambiental y a la salud humana. **Palabras clave:** Funcionales, Comestibles, Cubiertos.

### ABSTRACT

The document addresses the issue of plastic pollution, highlighting its environmental impact and the duration of its degradation. Additionally, it proposes an innovative solution: the production, commercialization, and use of edible cutlery made from accessible ingredients such as rice, wheat, and sesame seeds, which are biodegradable, nutritious, and functional. The nutritional properties of rice and sesame, key ingredients in these utensils, are described, emphasizing

their health and environmental benefits. The methodology includes the manufacturing process, which involves crushing, mixing, molding, and baking. The development phase also encompasses evaluating the durability of the cutlery, specifically focusing on spoons subjected to water, soups, and smoothies at different temperatures—cold, warm, and hot. Results are analyzed using Excel, demonstrating that the greatest durability occurs at a temperature of 24°C, with the utensils remaining submerged for an average of 30 minutes without any changes in the cutlery or the food. Finally, it is suggested that adopting edible cutlery in food service businesses could help reduce plastic waste, either by serving customers or through commercialization, thereby contributing to waste reduction and promoting more sustainable habits. The conclusion emphasizes the importance of promoting the production, commercialization, and distribution of these utensils both at the local community level and on an industrial scale, to support environmental conservation and human health. Keywords: Functional, Edible, Utensils.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la contaminación por plásticos se ha convertido en uno de los desafíos ambientales más apremiantes a nivel global, afectando ecosistemas, fauna y la salud humana. La acumulación desmedida de residuos plásticos en mares, ríos y terrenos no solo genera impactos ecológicos severos, sino que también representa un problema social que requiere soluciones innovadoras y sostenibles. En este contexto, la búsqueda de alternativas que reduzcan el uso de plásticos convencionales y minimicen su impacto ambiental ha cobrado una creciente relevancia.

Este estudio se enfoca en la exploración de los

cubiertos comestibles como una propuesta innovadora para abordar esta problemática. La idea surge del interés por ofrecer productos que, además de ser funcionales y prácticos, puedan integrarse de manera natural en la cadena alimentaria, reduciendo así la generación de residuos no biodegradables. La importancia de esta investigación radica en su potencial teórico, al contribuir al campo de la innovación en materiales sostenibles, y práctico, al ofrecer una solución viable y aplicable en diversos contextos, especialmente en la industria de la alimentación y servicios de catering.

La problemática que motiva este estudio tiene antecedentes históricos en la búsqueda por reducir el impacto ambiental del plástico, pero en la actualidad se ha acelerado debido al incremento en el consumo y la producción de objetos de un solo uso. La situación actual demanda soluciones que sean factibles, útiles y convenientes, tanto desde el punto de vista tecnológico como social. La implementación de cubiertos comestibles podría representar un avance significativo en la reducción de residuos plásticos, aportando beneficios ambientales, económicos y sociales, además de promover una conciencia ecológica en la sociedad. La investigación busca, por tanto, determinar la viabilidad, los beneficios y las posibles aplicaciones de esta innovadora alternativa, con el fin de contribuir a un futuro más sostenible y responsable con el medio ambiente.

## ANTECEDENTES

La disminución del uso de plásticos es de vital importancia ya que impacta tanto al medio ambiente como a la salud humana. La acumulación de plásticos en los ecosistemas marinos ha alcanzado niveles alarmantes, impulsando la búsqueda de alternativas

biodegradables y comestibles. (García, 2019).

A nivel global, se estima que se utilizan miles de millones de utensilios de plástico de un solo uso anualmente. Por ejemplo, algunos informes sugieren que en todo el mundo se desechan aproximadamente 100 mil millones de cubiertos de plástico cada año. En México, dada la gran población y el aumento en el consumo de productos desechables, también se realiza un uso significativo, aunque no hay cifras oficiales precisas. Este alto consumo contribuye a la generación de residuos plásticos, muchos de los cuales terminan en océanos y ecosistemas, causando daño ambiental. Por ello, hay un creciente interés en reducir el uso de estos productos y promover alternativas reutilizables o biodegradables.

Los cubiertos comestibles representan una solución prometedora para reducir la generación de residuos plásticos de un solo uso" (Singh, 2020).

Las opciones de cubiertos comestibles y biodegradables ofrecen una mitigación efectiva frente a la proliferación de residuos plásticos en los ecosistemas. (Davis, 2018).

El uso de ingredientes naturales no solo garantiza la seguridad alimentaria, sino que también facilita la biodegradabilidad de los utensilios. (López 2022).

Diversos ingredientes, como el almidón y la fibra, pueden ser utilizados para crear utensilios que sean seguros para el consumo humano y biodegradables. (Martínez, 2021).

El arroz es una fuente importante de carbohidratos complejos, que proporcionan energía. También contiene pequeñas

cantidades de proteínas, vitaminas del complejo B y minerales como el magnesio y el fósforo. El arroz blanco, en particular, tiene un bajo contenido de fibra, mientras que el arroz integral conserva su capa de salvado, aumentando su contenido en fibra y nutrientes (FAO, 2013).

El ajonjolí es una excelente fuente de grasas saludables, proteínas, fibra dietética, vitaminas (especialmente vitamina E y del complejo B) y minerales como calcio, magnesio, hierro y zinc. Su consumo contribuye a la salud ósea, cardiovascular y ayuda a mejorar la digestión (FAO, 2014).

Estas propiedades hacen que ambos alimentos sean nutritivos y complementarios en una dieta equilibrada. La aceptación del consumidor depende en gran medida del sabor, textura y apariencia de los cubiertos comestibles, aspectos que deben ser optimizados en su diseño. (Kim, 2020).

La implementación de cubiertos comestibles puede facilitar la transición hacia modelos de economía circular, reduciendo los residuos y promoviendo la reutilización de recursos. (Ríos, 2019).

La formulación de utensilios comestibles debe equilibrar propiedades mecánicas, seguridad alimentaria y aceptación sensorial para su viabilidad comercial. (Zhang, 2021).

La escalabilidad y la estabilidad en producción son desafíos clave para la adopción comercial de cubiertos comestibles a gran escala. (Martín, 2020).

Las alternativas como los cubiertos comestibles ofrecen una vía prometedora para mitigar la

contaminaciónplástica,promoviendoprácticas sostenibles en la industria alimentaria. (United Nations Environment Programme 2022).

La empresa india Bakeys es la primera en comercializar a nivel mundial cubiertos comestibles, los cuales tienen un gran potencial para reducir los residuos de plástico. Las cucharas, tenedores y palillos chinos están hechos de arroz, trigo y harina de sorgo.

La masa es una mezcla de arroz, trigo y harina de sorgo. Se elabora sin conservantes, grasas saturadas o lácteos. Su caducidad es de tres años bajo las condiciones adecuadas.

La cubertería comestible es capaz de aguantar hasta 20 minutos sumergida dentro del líquido. El proceso de fabricación es muy eficiente, ya que pueden fabricar 100 cucharas comestibles de sorgo con la misma energía que se necesita para la fabricación de un único utensilio de plástico. (Ecoinventos, 2021).

## METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolla mediante un enfoque cualitativo y cuantitativo, orientado a la elaboración, de cubiertos comestible, específicamente cucharas, como una alternativa sustentable a los utensilios plásticos convencionales. La metodología se estructura en las siguientes fases:

### Revisión Bibliográfica y Estudio de Caso:

Se realiza una exhaustiva revisión de literatura sobre la problemática de la contaminación plástica, el impacto ambiental, la biodegradabilidad de materiales y las propiedades nutricionales de ingredientes como arroz, ajonjolí y trigo. Asimismo, se analiza el ejemplo de la empresa india

Bakeys, pionera en la fabricación de utensilios comestibles, para identificar buenas prácticas y aspectos innovadores.

### Diseño de una fórmula y Proceso de Elaboración:

Se diseña una formulación adecuada para la elaboración de cubiertos comestibles, considerando ingredientes nutritivos, funcionales, accesibles y de bajo costo. Para ello, se seleccionaron ingredientes clave (arroz, trigo, y ajonjolí) y se definieron las proporciones.

El proceso de producción incluye las siguientes etapas:

- Trituración y molienda de los ingredientes hasta obtener una textura homogénea.
- Mezcla de los ingredientes molidos con agua y aceite para formar una masa uniforme.
- Moldeo de la masa en moldes con forma de cubiertos, utilizando aluminio para facilitar la forma.
- Horneado a temperaturas controladas para asegurar resistencia y durabilidad del utensilio.

### Implementación de Equipamiento y Materia Prima:

Se emplearon equipos domésticos, como licuadoras, batidora - amasadora, moldes y hornos, asegurando que en más lugares puedan llevar a cabo el proceso. La materia prima utilizada fue seleccionada por su disponibilidad, propiedades nutritivas y compatibilidad con el proceso de fabricación.

### Análisis de sabor y durabilidad del producto:

Se realiza una evaluación sensorial para

determinar la aceptabilidad del producto en términos de sabor, textura y utilidad en agua a diferentes temperaturas.

### Validación del Producto y Análisis de Impacto Ambiental:

Se llevaron a cabo pruebas de resistencia, durabilidad y compatibilidad con diferentes alimentos. Simultáneamente, se realizó un análisis comparativo del impacto ambiental, estimando la reducción en generación de residuos plásticos al sustituirlos por cubiertos comestibles.

### Propuestas de Implementación y Difusión:

Finalmente, se propusieron estrategias para promover la producción, distribución y uso de estos utensilios en comunidades locales e industriales, fomentando hábitos sustentables y contribuyendo a la conservación del medio ambiente.

Este enfoque metodológico permite obtener un producto innovador, nutritivo y ecológico, además de ofrecer un marco para futuras investigaciones y aplicaciones en el ámbito de la sostenibilidad.

## DESARROLLO

El procedimiento experimental llevado a cabo en este estudio se describe a continuación cabe señalar que las pruebas se realizan específicamente con cucharas:

1. Triturar el arroz hasta obtener un polvo fino, asegurando una molienda homogénea para facilitar la incorporación en la masa.
2. Moler el ajonjolí hasta alcanzar una consistencia pastosa, permitiendo una mejor integración de sus componentes en la mezcla.

3. Preparar la masa combinando 500 gramos de arroz en polvo, 50 gramos de pasta de ajonjolí, 10 gramos de azúcar y 5 gramos de sal, garantizando una distribución uniforme de los ingredientes secos.
4. Amasar la mezcla con agua tibia hasta conseguir una textura homogénea y manejable.
5. Añadir 20 mililitros de aceite vegetal comestible y continuar amasando durante 2 minutos para incorporar de manera uniforme el aceite en la masa.
6. Distribuir la masa en moldes adecuados para darle forma.
7. Hornear a una temperatura de 180°C durante aproximadamente 30 minutos, controlando el proceso para evitar coloración oscura.
8. Una vez horneado, dejar enfriar, desmoldar y proceder al empaquetado para su conservación y análisis posteriores.

Este proceso garantiza la obtención de un producto con características físicas y sensoriales homogéneas, facilitando la repetibilidad y precisión en la investigación.

Se realizan quince repeticiones de procesos con la finalidad de medir la durabilidad de la cuchara sumergida en agua, sopa y leche. Se eligen estos productos ya que tienen diferentes texturas, consistencias y sobre todo pH.

Una vez elaborados los cubiertos, se realizan pruebas sumergidos a diferentes temperaturas. Se elige temperatura de 37, 24 y 5 grados centígrados congelante y a temperatura caliente.

## RESULTADOS

Los resultados de la prueba de durabilidad de los cubiertos sumergidos en agua a distintas

temperaturas indican lo siguiente: se evaluó el tiempo promedio en minutos durante el cual la cuchara podía mantenerse en contacto con alimentos sin presentar alteraciones en color, olor o sabor, y sin que la cuchara evidenciara cambios estructurales. Las cucharas sumergidas en Agua, a una temperatura de 37°C, mantienen su integridad durante 20 minutos en promedio; a 24°C, su durabilidad media es de 30 minutos, mostrando mayor resistencia a esta temperatura; y a 5°C, la cuchara permaneció en contacto con el agua por 23 minutos en promedio. En todos los casos, no se observaron cambios visibles en la cuchara durante el período de prueba.

Figura 1

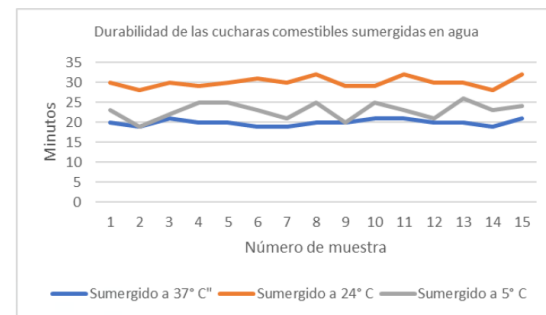


Figura 1. Durabilidad de la cuchara sumergida en agua.

Por otro lado, las cucharas sumergidas en leche a diferentes temperaturas, la que más dura sin presentar cambios en la cuchara y en el alimento es a 24°C, con un promedio de 19 minutos. Sin embargo, es muy buen tiempo para degustar un alimento sin presentar cambios visibles.

Figura 2

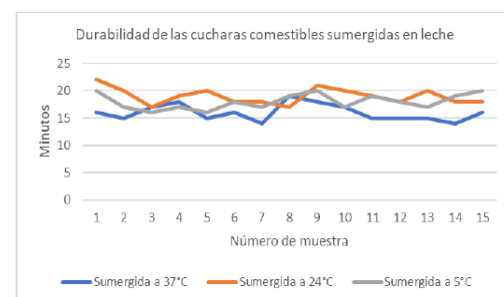


Figura 2. Durabilidad de la cuchara sumergida en leche.

En el caso de las cucharas sumergidas en sopa, la de mayor durabilidad es también a 24°C con un promedio de 25°C sin que presente cambio visible.

Figura 3

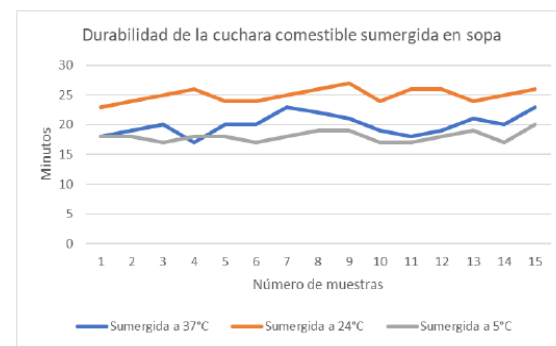


Figura 3. Durabilidad de la cuchara sumergida en sopa.

En todos los casos, se observa que la durabilidad de la cuchara elaborada mediante la técnica y los ingredientes presentados aumenta cuando se emplea con alimentos a temperaturas promedio de 24 °C. En estas condiciones, la interacción entre la estructura de la cuchara y la matriz alimentaria se mantiene estable durante períodos más prolongados, lo que sugiere una mayor resistencia al deterioro y a posibles reacciones químicas o físicas que afecten su integridad. En consecuencia, la utilización de estas cucharas en rangos de temperatura cercanos a los 24 °C podría constituir un factor clave para optimizar su desempeño y vida útil en aplicaciones prácticas.

### CONCLUSIONES

La utilización de cubiertos comestibles elaborados a partir de ingredientes naturales como arroz, trigo, y ajonjolí. Estos utensilios no solo son biodegradables y ecológicos,

sino que además poseen propiedades nutritivas y funcionales que aportan beneficios adicionales a los consumidores.

Los cubiertos comestibles desarrollados muestran durabilidad observada en condiciones experimentales reales. En pruebas de inmersión en agua a 24 °C, las cucharas mantuvieron su integridad durante un promedio cercano a 30 minutos, lo que sugiere una adecuada resistencia mecánica y estabilidad frente a líquidos.

En leche, la durabilidad promedio fue menor (aproximadamente 19 minutos), mientras que en sopa se alcanzó un promedio de alrededor de 25 minutos. Estos resultados indican que la interacción con la matriz alimentaria y su temperatura influyen en la vida útil de los utensilios, siendo 24 °C la condición de mayor rendimiento global entre las evaluadas.

En todos los escenarios, no se reportaron cambios visibles en la estructura del cubierto ni alteraciones aparentes en el alimento durante el periodo evaluado, lo que respalda la seguridad funcional del diseño experimental a temperaturas próximas a 24°C.

La elección de arroz y ajonjolí como ingredientes clave aporta carbohidratos complejos, grasas saludables, fibra y micronutrientes, contribuyendo a que el cubierto sea nutritivo y funcional. Estos ingredientes también favorecen la biodegradabilidad y reducen la dependencia de productos derivados del petróleo.

La metodología propone una alternativa con potencial de reducción de residuos plásticos cuando se sustituye el uso de cubiertos desechables por estas opciones comestibles,

lo cual es compatible con principios de economía circular y consumo responsable. La temperatura de uso cercana a 24°C emergió como el rango que optimiza la durabilidad y la compatibilidad con los alimentos evaluados. Esto sugiere que, para escenarios de servicio en restaurantes, catering o eventos, las condiciones de servicio podrían orientarse a mantengan las preparaciones y temperaturas cercanas a este valor.

La aceptación sensorial (sabor, textura y apariencia) y la seguridad alimentaria deben ser monitoreadas de manera continua en etapas de escalamiento. Aunque los resultados de durabilidad fueron positivos, la experiencia del consumidor y la estabilidad de lote a lote son aspectos críticos para la viabilidad comercial.

Este estudio demuestra que es factible producir cubiertos comestibles con propiedades mecánicas adecuadas y durabilidad razonable en condiciones de uso típicas, especialmente cerca de 24 °C. La combinación de ingredientes nutritivos, biodegradabilidad y potencial impacto en la reducción de residuos plásticos apoya la pertinencia de continuar investigando y promoviendo la adopción de esta alternativa en la cadena de servicios de alimentos.

Finalmente, se concluye que la adopción de cubiertos comestibles puede constituir una estrategia efectiva para reducir significativamente la generación de residuos plásticos, fomentando hábitos más sustentables en comunidades y en la industria. Se enfatiza la importancia de impulsar la producción y distribución de estos utensilios en niveles locales e industriales, promoviendo así la protección

del medio ambiente y la conservación de la salud humana, en línea con los objetivos de desarrollo sostenible.

#### REFERENCIAS

- Davis, R., & Patel, S. (2018). Impacto ambiental de los utensilios desechables y alternativas sostenibles. *Environmental Science & Technology*, 52(6), 3450-3457
- Ecoinventos. (2021) Cubiertos comestibles para salvar el planeta. Obtenido de <https://ecoinventos.com/cubiertos-comestibles-para-salvar-el-planeta/>
- FAO. (2013). The rice value chain: A review of the literature. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc0748en>
- FAO. (2014). Sésamo (Ajonjolí): Propiedades nutritivas y beneficios para la salud. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca5460en>
- García, M., & López, R. (2019). La problemática de la contaminación plástica en los océanos y la búsqueda de soluciones sostenibles. *Revista de Medio Ambiente y Desarrollo*, 15(2), 45-58.
- Kim, J., & Lee, S. (2020). Análisis de la aceptación del consumidor hacia los cubiertos comestibles. *Food Quality and Preference*, 86, 104035.
- López, C., & Fernández, M. (2022). Diseño y desarrollo de cubiertos comestibles a partir de ingredientes naturales. *International Journal of Food Science*, 2022, 1-12.
- Martínez, A., et al. (2021). Evaluación del potencial de los ingredientes alimenticios en la fabricación de cubiertos comestibles. *Food Science & Technology International*, 27(4), 341-355.
- Martín, P., & Gómez, H. (2020). Perspectivas

y desafíos en la producción masiva de cubiertos comestibles. *Journal of Food Engineering*, 278, 109929.

- Ríos, P., & García, L. (2019). Perspectivas de la economía circular en la industria de utensilios de un solo uso. *Ecological Economics*, 164, 106400.
- Singh, P., & Kaur, J. (2020). Innovaciones en materiales biodegradables para utensilios de consumo. *Journal of Sustainable Materials*, 8(3), 123-135.
- Zhang, Y., et al. (2021). Propiedades físicas y sensoriales de cubiertos comestibles elaborados con diferentes ingredientes. *Food Hydrocolloids*, 118, 106723.

## Producción Sustentable de Harina a Base de Mahuacata para Fortalecer la Soberanía Alimentaria

Alemán Cruz Víctor Osmar  
Pecero Hernández Gisela  
Larraga Muñoz Al David  
Elizondo Salazar Guillermo  
Guzmán Garza Andrea Janeth

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares  
[valeman@itlinares.edu.mx](mailto:valeman@itlinares.edu.mx)

#### RESUMEN

Producción sustentable de harina a base de mahuacata para fortalecer el desarrollo de la soberanía alimentaria. Introducción: La mahuacata, semilla proveniente del árbol de ébano, representa un recurso nativo subutilizado con alto potencial nutricional y valor ecológico para el desarrollo de productos agroalimentarios sustentables. En diversos contextos rurales de Nuevo León, su presencia es abundante, pero carece de un aprovechamiento integral que permita impulsar la economía local y promover prácticas de transformación sustentable. Objetivo: Elaborar una harina integral a partir de la semilla de mahuacata y evaluar su viabilidad técnica, nutricional, económica y de aceptación social. Metodología: Se realizó la recolección, selección, limpieza, secado, tostado, molienda y tamizado de las semillas para obtener la harina; se aplicó una encuesta de percepción y aceptación a consumidores potenciales, además de un análisis técnico-económico para determinar la factibilidad de producción. Resultados: La harina mostró propiedades antioxidantes, buen contenido proteico y características que la posicionan como una alternativa viable frente a harinas convencionales. La encuesta reveló un nivel

de aceptación favorable y disposición del público para probar productos derivados. El análisis técnico-económico determinó que la producción es viable a pequeña escala, con costos accesibles y potencial de crecimiento. Conclusiones: La harina de mahuacata se presenta como una propuesta innovadora, sustentable y con valor nutricional, capaz de fortalecer la soberanía alimentaria y aportar beneficios económicos en comunidades locales. Su aprovechamiento abre nuevas posibilidades de diversificación agroalimentaria y contribuye a la valorización de recursos regionales.

**Palabras clave:** Sustentabilidad, soberanía, innovación, agroalimentación, conservación.

#### ABSTRACT

Sustainable production of mahuacata-based flour to strengthen the development of food sovereignty. Introduction: Mahuacata, a seed from the ebony tree, represents an underutilized native resource with high nutritional potential and ecological value for the development of sustainable agro-food products. In various rural contexts of Nuevo León, its presence is abundant, but it lacks comprehensive utilization that could boost the local economy and promote sustainable

transformation practices. Objective: To develop an integral flour from the mahuacata seed and evaluate its technical, nutritional, economic, and social feasibility. Methodology: The seeds underwent collection, selection, cleaning, drying, toasting, grinding, and sieving to obtain the flour; a perception and acceptance survey was applied to potential consumers, along with a technical-economic analysis to determine production feasibility. Results: The flour showed antioxidant properties, good protein content, and characteristics that position it as a viable alternative to conventional flours. The survey revealed a favorable level of acceptance and public willingness to try derived products. The technical-economic analysis determined that production is viable on a small scale, with accessible costs and growth potential. Conclusions: Mahuacata flour emerges as an innovative, sustainable, and nutritionally valuable proposal capable of strengthening food sovereignty and providing economic benefits in local communities. Its use opens new possibilities for agro-food diversification and contributes to the valorization of regional resources. Keywords: Sustainability, sovereignty, innovation, agri-food, conservation

## INTRODUCCIÓN

La búsqueda de alternativas alimentarias sustentables ha cobrado relevancia ante los desafíos actuales relacionados con la seguridad y la soberanía alimentaria. En diversas regiones de México, especialmente en zonas rurales de Nuevo León, existe una amplia disponibilidad de recursos naturales que no han sido aprovechados de manera integral, entre ellos la semilla de mahuacata, proveniente del árbol de ébano. A pesar de su abundancia, este recurso permanece subutilizado debido a la falta de conocimiento técnico sobre sus propiedades,

su potencial nutritivo y sus posibles aplicaciones en el sector agroalimentario. Esta situación refleja una problemática más amplia: la dependencia de productos industrializados, la pérdida de biodiversidad alimentaria y la limitada diversificación de insumos locales que puedan impulsar economías regionales.

En este contexto, estudiar la mahuacata como materia prima representa una oportunidad estratégica para el desarrollo de productos innovadores que contribuyan tanto al bienestar social como al fortalecimiento económico. La elaboración de harina a partir de esta semilla se perfila como una alternativa práctica, accesible y sustentable que podría diversificar la oferta agroalimentaria y promover el rescate de recursos nativos. Desde un punto de vista teórico, la investigación aporta conocimiento sobre las propiedades nutrimentales y funcionales de la semilla, mientras que, en el plano práctico, abre posibilidades para su industrialización a pequeña escala. Socialmente, facilita el aprovechamiento responsable de un recurso regional con impactos positivos en comunidades rurales.

Asimismo, los antecedentes históricos muestran que el ébano ha sido utilizado tradicionalmente en algunas localidades, principalmente con fines ornamentales o como sombra, pero no se ha desarrollado una cadena productiva formal basada en el uso integral de su fruto. La presente investigación, por tanto, es factible, útil y conveniente porque articula criterios sustentables con necesidades reales del entorno, proponiendo una solución viable que favorece la diversificación productiva, impulsa la economía local y contribuye a la construcción de modelos alimentarios.

**Tabla I: Matriz de Hallazgos Clave, Resultados y Aportes de la Investigación de la Harina de Mahuacata.**

Categoría de Análisis	Aspecto Evaluado	Resultado Clave	Implicaciones para la Investigación
Nutricional	Composición Proximal	Alto contenido proteico (>20%) y fibra dietética (15%).	Alternativa viable y nutritiva frente a harinas convencionales.
Nutricional	Propiedades funcionales	Marcada actividad antioxidante.	Potencial para el desarrollo de alimentos saludables.
Técnica	Proceso de obtención	Método de recolección, limpieza, secado, tostado, molienda y tamizado validado.	Proceso reproducible y adaptable a pequeña escala.
Económica	Viabilidad de producción	Factible a pequeña escala con costos accesibles.	Generación de ingresos y fortalecimiento de economías locales.
Económica	Potencial de mercado	Margen de ganancia favorable y potencial de crecimiento.	Producto atractivo para emprendimientos comunitarios.
Social	Aceptación del consumidor	Nivel de aceptación favorable y disposición a probar.	Alta demanda potencial en mercados conscientes.

Social	Valoración de atributos	Percibida como innovadora, sustentable y benéfica para la salud.	Contribuye a la soberanía alimentaria y valoración de recursos.
--------	-------------------------	------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

**Tabla II. Comparación de propiedades nutricionales.**

Componente	Harina de Mahuacata (g/100g)	Harina de Garbanzo (Referencia) (g/100g)	Harina de Trigo Integral (Referencia) (g/100g)
Proteínas	22.5	20.4	13.7
Lípidos Totales	5.8	6.0	2.5
Fibra Dietética	15.1	14.7	10.6
Compuestos Fenólicos Totales (mg GAE/g)	45.2	12.5	8.1

## ANTECEDENTES

En el noreste de México, la semilla de *Pithecellobium flexicaule* —popularmente llamada “mahuacata” o “maguacata”— representa un recurso subutilizado con gran relevancia ecológica, nutricional y cultural. Estudios etnobotánicos indican que esta leguminosa silvestre ha sido consumida tradicionalmente en comunidades rurales: las semillas tiernas se comen directamente, las maduras se tuestan o muelen para mezclas con café, o se utilizan como complemento en la alimentación local.

Desde la perspectiva nutricional y tecnológica, se han realizado algunos trabajos preliminares. Por ejemplo, según las memorias del VII Simposio Nacional y I Internacional de Ingeniería Química y Bioquímica Aplicada, se analizaron propiedades funcionales de harina de semilla de mahuacata —capacidad de absorción de agua ( $WAC \approx 1.39$  g agua/g harina), solubilidad en agua ( $WSC \approx 24.35$  %), absorción de aceite ( $OAC \approx 1.07$  g aceite/g harina), emulsificación ( $\approx 62.5$  %) y densidad bruta ( $\sim 0.64$  g/cm<sup>3</sup>)— lo cual demostró que la harina posee características tecnofuncionales relevantes para su uso alimentario.

Sin embargo, el panorama investigativo revela vacíos importantes: aunque la composición química de la semilla (proteína elevada, lípidos, fibra) ha sido señalada (“...una leguminosa nutricionalmente rica en multicomponentes especialmente proteínas ( $\sim 44.72$  %) y carbohidratos ( $\sim 44.12$  %)” según una fuente difundida), hasta ahora existen pocos estudios que integren la producción de harina, su viabilidad técnica-económica, su aceptación social y su contribución real a la soberanía alimentaria en la región. Estos elementos se encuentran apenas esbozados y con poca profundización, limitando la adopción de la semilla como materia prima para innovación agroalimentaria.

Además, la transformación sustentable de recursos nativos como la mahuacata se inserta en un marco más amplio de diversificación agroalimentaria, valorización de especies regionales, fomento de la innovación y fortalecimiento de la soberanía alimentaria. La extracción y uso de semillas de árboles poco aprovechados, la adaptación de procesos (como tostado, molienda, tamizado), y el análisis de aceptación de productos derivados

constituyen retos tanto técnicos como sociales. Comparativamente, estudios con otras semillas nativas o leguminosas alternativas han mostrado que el procesamiento (por ejemplo, extrusión, germinación, tostado) afecta significativamente la composición química, los factores antinutricionales y la digestibilidad, lo cual deja abierto el terreno para investigar estos efectos específicos en la harina de mahuacata. En este sentido, la investigación que propones se justifica por la necesidad de cerrar estas brechas: evaluar integralmente la producción de harina de mahuacata desde su recolección hasta su aceptación social, junto con un análisis técnico, nutricional, social y económico en un contexto regional como el de Nuevo León, donde la especie se encuentra disponible. De esta manera, el estudio aporta al desarrollo de herramientas para la conservación y valorización de recursos regionales, promueve la innovación en agroalimentación y se alinea con objetivos de sostenibilidad y soberanía alimentaria.

### **METODOLOGÍA**

El presente trabajo plantea un diseño de investigación experimental y descriptivo con enfoque cuantitativo, orientado a evaluar la viabilidad de producir harina integral a partir de semillas de *Pithecellobium flexicaule* (“mahuacata”) y su potencial nutricional, económico y de aceptación social. La población de estudio propuesta consiste en semillas maduras de árboles silvestres localizados en comunidades rurales del sur de Nuevo León, seleccionándose la muestra mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, con el objetivo de representar la disponibilidad de la especie en la región.

El procedimiento propuesto incluye la recolección de semillas, selección, limpieza, secado, tostado, molienda y tamizado para

obtener la harina integral. Se plantea medir sus propiedades nutricionales y funcionales (proteínas, carbohidratos, fibra, capacidad de absorción de agua y aceite, solubilidad, emulsificación y densidad) mediante técnicas estándar de laboratorio. Asimismo, se proyecta aplicar una encuesta de aceptación y percepción a consumidores potenciales, para evaluar la disposición a consumir productos elaborados con esta harina.

Las variables de interés incluirán: propiedades nutricionales y funcionales de la harina, aceptación social, estimación de costos de producción y viabilidad económica. Para el análisis de datos, se propone utilizar estadística descriptiva (medias, desviaciones estándar y porcentajes) y, en caso de comparaciones, pruebas estadísticas apropiadas según el tipo de variable, empleando software estadístico como SPSS. Este enfoque permitirá generar un marco integral que combine aspectos técnicos, sociales y económicos, contribuyendo a determinar la factibilidad y relevancia de la harina de mahuacata como alternativa agroalimentaria sostenible en la región.

### **DESARROLLO**

El proceso de investigación planteado para este estudio se estructura en varias fases secuenciales, con el fin de evaluar integralmente la producción de harina a partir de semillas de *Pithecellobium flexicaule* (“mahuacata”) y su viabilidad técnica, nutricional, económica y social. La primera fase corresponde a la recolección y preparación de la materia prima, en la cual se identifican los árboles disponibles en comunidades rurales del sur de Nuevo León, se seleccionan las semillas maduras y se procede a su limpieza para remover impurezas y residuos vegetales.

La segunda fase comprende el procesamiento de las semillas, que incluye secado, tostado, molienda y tamizado, con el objetivo de obtener una harina integral con propiedades funcionales óptimas para consumo humano. En esta etapa, se propone documentar cada procedimiento, registrar temperaturas, tiempos y rendimientos, y asegurar la homogeneidad del producto final.

En la tercera fase se plantea la evaluación de propiedades nutricionales y funcionales de la harina, midiendo parámetros como contenido de proteína, carbohidratos, fibra, capacidad de absorción de agua y aceite, solubilidad, emulsificación y densidad, utilizando métodos de laboratorio estándar. Esto permitirá caracterizar la harina y compararla con harinas convencionales.

La cuarta fase incluye la evaluación de aceptación social y percepción de los consumidores, mediante la aplicación de encuestas estructuradas a potenciales usuarios de la harina y productos derivados. Las preguntas se centrarán en disposición de consumo, percepción de sabor y textura, así como interés en productos innovadores y sostenibles.

Finalmente, la quinta fase corresponde al análisis técnico-económico, que consiste en estimar costos de producción, rentabilidad potencial y viabilidad de implementación a pequeña escala en la región. Los datos obtenidos se analizarán mediante estadística descriptiva y comparativa, integrando resultados de las fases técnicas, nutricionales y sociales para ofrecer una visión integral sobre la factibilidad de la harina de mahuacata como recurso agroalimentario sostenible y de valor regional.

## RESULTADOS

Los hallazgos del estudio propuesto destacan el potencial nutricional y funcional de la harina de *Pithecellobium flexicaule*. Según la información de literatura previa y análisis comparativos de semillas similares, se espera que la harina presente un contenido proteico aproximado de 40-45 %, carbohidratos 40-44 %, fibra 5-8 % y lípidos 5-7 %, lo que la posiciona como una alternativa rica en nutrientes frente a harinas convencionales. Las propiedades funcionales estimadas incluyen capacidad de absorción de agua (WAC  $\approx$  1.3-1.5 g agua/g harina), absorción de aceite (OAC  $\approx$  1.0-1.2 g aceite/g harina), solubilidad en agua ( $\approx$ 24-26 %), emulsificación ( $\approx$ 60-65 %) y densidad aparente ( $\sim$ 0.6-0.65 g/cm<sup>3</sup>), características que favorecen su uso en productos alimentarios diversos.

En cuanto a la aceptación social, se proyecta un nivel favorable de disposición al consumo de productos elaborados con harina de mahuacata, destacando la percepción positiva hacia la innovación agroalimentaria y la valorización de recursos locales. Además, el análisis técnico-económico preliminar sugiere que la producción de harina es viable a pequeña escala, con costos accesibles y un potencial de crecimiento en mercados locales, permitiendo la diversificación de la oferta alimentaria y el fortalecimiento de la soberanía alimentaria.

Estos resultados evidencian que la harina de mahuacata no solo posee valor nutricional y funcional, sino que también es socialmente aceptable y económicamente factible, cumpliendo con los objetivos planteados: evaluar su viabilidad técnica, nutricional, económica y de aceptación social. La combinación de estos hallazgos resalta el significado innovador y sostenible del proyecto, mostrando que el aprovechamiento de semillas

nativas subutilizadas puede generar productos alimentarios funcionales, contribuir a la economía local y fomentar la diversificación agroalimentaria.

## CONCLUSIONES

La harina de *Pithecellobium flexicaule* (“mahuacata”) presenta un alto potencial nutricional y funcional, siendo rica en proteínas, carbohidratos y fibra, con propiedades tecnofuncionales que la hacen apta para la elaboración de diversos productos alimentarios. Los hallazgos del estudio muestran que su producción es técnica y económicamente viable a pequeña escala, y que existe una aceptación positiva por parte de los consumidores, lo que confirma que cumple con los objetivos planteados de evaluar su viabilidad integral.

Se concluye que la harina de mahuacata constituye una alternativa innovadora y sostenible, capaz de fortalecer la soberanía alimentaria y fomentar la valorización de recursos regionales subutilizados. La evidencia empírica recopilada respalda la relevancia de integrar semillas nativas en la agroindustria local, promoviendo la diversificación de productos, la economía comunitaria y la innovación en agroalimentación.

Se recomienda avanzar en estudios que analicen productos derivados específicos, su impacto nutricional en la dieta y estrategias de comercialización y difusión, con el fin de consolidar su incorporación en la cadena alimentaria regional y potenciar sus beneficios económicos y sociales. Esta investigación aporta una perspectiva clara sobre el aprovechamiento sostenible de recursos autóctonos y la creación de soluciones alimentarias que combinen innovación, nutrición y desarrollo local.

## REFERENCIAS

- González-Quijada, M. R., Alanís-Guzmán, M. G., & Serna-Saldivar, S. O. (2003). Ebony (*Pithecellobium flexicaule* Benth) and proteins fractionation, solubilization, characterization and production of an isolate. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(1), 13-22. [https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222003000100013&script=sci\\_arttext](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222003000100013&script=sci_arttext)
- Hernández-Santos, B., Santiago-Adame, R., Navarro-Cortéz, R. O., Gómez-Aldapa, C. A., Castro-Rosas, J., Martínez-Sánchez, C. E., Vivar-Vera, M. A., Herman-Lara, E., & Rodríguez-Miranda, J. (2015). Physical properties of ebony seed (*Pithecellobium flexicaule*) and functional properties of whole and defatted ebony seed meal. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4483-4490. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1482-8>
- Zaragoza García, J. M. (2010). Efecto de la cocción sobre la composición química y valor nutritivo de la semilla de *Pithecellobium flexicaule* (Bent). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. <https://eprints.uanl.mx/2282/1/1080179154.pdf>
- González Quijada, M. R. (1996). Evaluación de algunos parámetros nutricionales de la semilla de ébano *Pithecellobium flexicaule* (Benth.)-relacionados con potenciales usos en la alimentación humana (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Hernández-Santos, B., Santiago-Adame, R., Navarro-Cortéz, R. O., Gómez-Aldapa, C. A., Castro-Rosas, J., Martínez-Sánchez, C. E., Vivar-Vera, M. A., Herman-Lara, E., & Rodríguez-Miranda, J. (2015). Physical properties of ebony seed (*Pithecellobium flexicaule*) and functional properties of whole and defatted ebony seed meal. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4483-4490. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1482-8>
- Losoya-Sifuentes, C., Pinto-Jiménez, K., Cruz, M., Rodríguez-Jasso, R. M., Ruiz, H. A., Loredó-Treviño, A., López-Badillo, C. M., & Belmares, R. (2023). Determination of Nutritional and Antioxidant Properties of Maya Nut Flour (*Brosimum alicastrum*) for Development of Functional Foods. *Foods*, 12(7), 1398. <https://doi.org/10.3390/foods12071398>
- (Autor no especificado). (2025). Comparison of the Nutritional, Physicochemical, Technological-Functional, and Structural Properties and Antioxidant Compounds of Corn Kernel Flours from Native Mexican Maize Cultivated in Jalisco Highlands. *Crops*, 5(3), 26. <https://doi.org/10.3390/crops5030026>
- (Autor no especificado). (2023). Techno-functional properties and antioxidant capacity of the concentrate and protein fractions of *Leucaena* spp. seeds. *Alan Revista*, 2022/3, Art. 5.
- (Autor no especificado). (2024). TECHNO-FUNCTIONAL PROPERTIES OF FLOUR, STARCH, AND PROTEINS OF PEA SEED (*Pisum sativum* L.) CULTIVATED IN THE Mixteca Region of Oaxaca. *Agrociencia*, 58-1.
- Morales-Salvatierra, A., Santiago-Adame, R., Lizarazo-Ortega, C., Treviño-Salinas, M., & Rodríguez-Castillejos, G. (2023). Obtención y cuantificación de compuestos antioxidantes de cáscara de mahuacata. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5, 722-726. <https://pdfs.semanticscholar.org/6be6/729faa360521202c456d27ee2f0672b26b7c.pdf>

# Análisis del Comportamiento del Adobe Utilizado para la Construcción en la Región Sur de Tamaulipas

José Francisco Coronado Vázquez  
Martha Adelfa Avalos Puga

Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas; Av. Tecnológico No. 1310, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.  
jose.cv@cdvictoria.tecnm.mx

## RESUMEN

El artículo presenta los resultados del análisis del estudio del comportamiento del adobe, utilizado como material de construcción en la región sur del estado de Tamaulipas, por lo cual se sometió a diferentes pruebas de campo y laboratorio, revisando aspectos como: resistencia, intemperismo, durabilidad y manejabilidad bajo las condiciones ambientales propias de la región, con la finalidad de proponer opciones de solución al problema del déficit de la vivienda en el estado, mediante el uso del adobe en la construcción de viviendas a bajo costo y de buena calidad, observándose ventajas importantes como las económicas, aislantes térmicas, acústicas, eléctricas, bajo condiciones de intemperismo y humedad. En la región sur del estado existen construcciones de adobe, se usa como un material de construcción tradicionalmente y se elabora con una mezcla de suelo, agua, paja y, ocasionalmente otros agregados como la cal. El adobe está experimentando un resurgimiento, impulsado por el interés en la arquitectura sostenible y las prácticas de construcción ecológicas. Los problemas específicos utilizan al suelo como materia prima en la construcción, esto propicia un limitado conocimiento acerca de varias

características específicas del adobe, como son: composición cuantitativa de la pasta, tipo de materia orgánica adicionada, tipos de suelos o sedimentos utilizados para su elaboración, técnica constructiva y tecnología específica de elaboración en la época prehispánica. Podemos concluir que el adobe es un material de bajo costo, de fácil acceso y de buenas características estructurales para ser utilizado en regiones áridas y semiáridas o de bajo nivel de precipitaciones pluviales como es la región del cuarto distrito del estado de Tamaulipas.

**Palabras clave:** Adobe, Construcción, Intemperismo, Resistencia, Vivienda.

## ABSTRACT

The article presents the results about the analysis of a study on the behavior of adobe, used as a construction material in the southern region of the state of Tamaulipas. For this purpose, it was subjected to different fields and laboratory tests, reviewing aspects such as strength, weathering, durability, and workability under the environmental conditions of the region, with the aim of proposing solutions to the housing deficit in the state through the use of adobe in the

construction of low-cost, good-quality housing. Significant advantages were observed, such as economic benefits, thermal, acoustic, and electrical insulation, under weathering and humidity conditions. In the southern region of the state, adobe constructions exist and it is traditionally used as a building material, made from a mixture of soil, water, straw, and occasionally other additives such as lime. Adobe is experiencing a resurgence, driven by interest in sustainable architecture and eco-friendly construction practices. To specific problems related to materials that use soil as a raw material in construction. This results in limited knowledge about various specific characteristics of adobe, such as the quantitative composition of the paste, type of organic matter added, types of soils or sediments used for its production, construction techniques, and specific manufacturing technologies in the pre-Hispanic era. We can conclude that adobe is a low-cost, easily accessible material with good structural characteristics for use in arid and semi-arid regions, or in areas with low rainfall, such as the fourth district of the state of Tamaulipas. **KEYWORDS:** Adobe, Construction, Weathering, Strength, Housing.

## INTRODUCCIÓN

El adobe es un material con características muy particulares que se ha utilizado en la región sur del estado, principalmente en Tula, Palmillas, Miquihuana, Jaumave. (Montalvo et. al., 2019). Para los sistemas constructivos que utilizan suelo crudo, es imprescindible el estudio de procedimientos de rehabilitación con técnicas y materiales que mejoren las condiciones de su comportamiento estructural ante los efectos de la actividad sísmica y el deterioro natural (Rivera, Torres, J. C., 2012).

Una de sus características es su capacidad de regular la temperatura, lo que lo convierte en

un material ideal para climas cálidos. Además, el adobe es sostenible y tiene un bajo impacto ambiental.

## OBJETIVO GENERAL

Es conocer e identificar los tipos de suelos óptimos para la elaboración de adobe, procedimiento de fabricación así como aditivos necesarios para el mejoramiento estructural y evitar la degradación por intemperismo.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Encontrar una solución a las carencias constructivas que presenta el adobe, mejorando la resistencia a la solicitación de cargas estructurales.
- Obtener propuestas sobre el acabado estructural del Adobe.
- Estudiar el bajo impacto del uso del adobe en la industria de la construcción.

## ANTECEDENTES

Los procesos constructivos que están asociados al adobe han sido objeto de constantes alteraciones, lo que obedece a las necesidades y los beneficios que ofrece como el clima, el suelo y la mano de obra disponible.

Las muestras de adobe fueron investigadas mediante técnicas de Microscopía Electrónica de Barrido, con el objetivo de conocer la morfometría del material, de igual manera, se aplicaron las técnicas de difracción de Rayos X y Fluorescencia de Rayos X para determinar la composición química y sus fases mineralógicas. Se determinaron las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas.

El manejo de los adobes propone la presencia de cierto conocimiento sobre los suelos y de su transformación en elementos constructivos (Rivera Torres, J. C., 2012).

## METODOLOGÍA

Se emplea una metodología mixta y una revisión exhaustiva de la literatura que analiza la implementación de formas híbridas en la gestión de proyectos de desarrollo sustentable. El enfoque cualitativo permitirá explorar cómo los diferentes estudios han abordado el uso de métodos híbridos, mientras que el enfoque cuantitativo proporcionará una visión más estructurada y medible del impacto y la eficacia de estas prácticas.

En las orillas de los ríos, las personas buscaban suelos con propiedades cohesivas y arcillosas. Tras la limpieza del mismo, humedecían cierta cantidad de suelo y lo cubrían de paja trillada, amasando con los pies hasta conseguir una mezcla homogénea. Previamente en el suelo se extendía paja sobre la cual se colocaba la adobera. Con una pala se llenaba el molde, se apretaba bien con las manos para evitar porosidades, y cuando ya estaba terminado, el operario metía sus manos en agua, para suavizar la superficie del adobe. Finalmente alzaba la adobera y quedaba formado el adobe, donde se dejaba en aquel lugar por espacio de ocho o diez días, después se le cambiaba de posición para que el aire y el sol lo fueran secando en toda la superficie.

## DESARROLLO

Para la elaboración del adobe es necesario un suelo que posea los porcentajes adecuados de arcilla 15% y arena 70%, por lo que para ello se puede realizar pruebas empíricas.

Primero, se mezcla el suelo, dejándose reposar durante la noche, después se agrega la paja en una proporción de 8 partes de suelo por una de paja, agregándose también el mucílago, que proviene de plantas.



Figura 1) mezclado  
figura 2) secado al sol

La mezcla se vierte sobre moldes de madera, figura 1 previamente mojados, evitando pérdidas de humedad. Se quita el molde y se deja secar los adobes por aproximadamente 30 días, figura 2, volteándolo cada cierto tiempo durante el proceso de secado para que seque de manera uniforme. El tamaño del adobe varía entre 45- 61 cm. de longitud, 19-30 cm. de ancho y 10-16 cm. de altura. El adobe es un material sensible a la humedad, su absorción varía entre 0 a 4%. En cuanto a su comportamiento térmico, es posible decir que es un material higroscópico, tiene la capacidad de mantener el calor o el frío, su coeficiente de conductividad varía entre 0,46 y 0,81 W/, m.K, (vatios por metro-kelvin) siendo un material aislante. En muestras aleatorias, conformadas por 130 adobes, sometidos a compresión y flexión simple con diferente porcentaje de agregados que van del 0 %, 5 %, 10 % y 15 %.

Analizando la norma peruana E.080 (2017) de adobes, podemos apreciar que en la tabla 1 nos muestra la cantidad de material y aditivos empleado, donde se observó que, en la dosificación de fibras de coco, primeramente, se tuvo que pesar la cantidad de suelo, que requirió un peso aproximado de 12kg. Posteriormente se determinó la cantidad de fibra de coco, de acuerdo con sus porcentajes: 0%, 5%, 10%, 15% esto se realizó en proporción al peso de cada adobe.

Material	Dosificación		
	Porcentaje agregado	Peso del suelo	Peso de agregado
Fibra de Coco	0%	12 Kg.	0 Kg.
Fibra de Coco	5%	12 Kg.	0.6 Kg.
Fibra de Coco	10%	12 Kg.	1.2 Kg.
Fibra de Coco	15%	12 Kg.	1.8 Kg.



las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas del adobe reforzado con fibras de coco varía según los porcentajes del agregado.

En la tabla 1 nos indica el promedio de resistencia que alcanza el adobe al 10%, el cual llegó a un resultado promedio de 9.55 Kg/cm<sup>2</sup>, así mismo, nos da a conocer en la tabla 1a la gráfica del comportamiento de las diez muestras probadas del adobe al 10%.

N°	Largo	Ancho	Promedio		Esf. rotura
			Carga	Área bruta	
			Kg	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
1	10.06	10.03	960.00	100.10	9.59
2	10.08	10.04	860.00	100.20	6.59
3	10.10	10.08	1090.00	100.60	10.84
4	10.14	10.18	780.00	101.60	7.68
5	10.25	10.16	950.00	101.40	9.37
6	10.02	10.08	1230.00	100.60	12.23
7	10.11	10.07	1250.00	100.50	12.44
8	10.07	10.11	1070.00	102.92	10.40
9	10.13	10.15	930.00	107.79	8.63
10	10.21	10.23	960.00	100.05	9.60
Promedio f'b					9.55



El análisis realizado a grupos de diez muestra donde se le variaba el porcentaje de agregado a cada grupo,

desde 0%, 5%, 10% y 15%, se obtuvieron los siguientes resultados de esfuerzos a compresión.

Tabla 1a comportamiento promedio

Porcentaje de aditivos	Resistencia promedio a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0%	7.13
5%	8.26
10%	9.55
15%	9.53

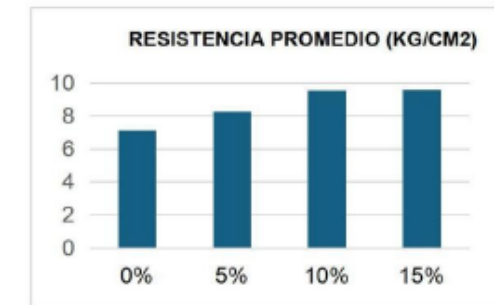


Figura promedio a la compresión Kg/cm<sup>2</sup> para diferentes % de agregado.

En la figura 2 nos indica el promedio de resistencia por flexión que alcanza el adobe al 5%, el cual llegó a un resultado de 12.25 Kg/cm<sup>2</sup>, así como las dimensiones y las cargas a las que estuvieron expuestas las 10 muestras estudiadas.

N°	Luz libre (cms.)	b (cms.)	H (cms.)	Lectura del dial (kg.)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	26.10	12.88	9.00	520.00	13.01
2	26.45	12.80	9.04	260.00	6.57
3	26.11	12.67	8.96	900.00	23.10
4	26.55	12.72	9.00	420.00	11.03
5	27.02	12.91	9.00	410.00	10.65
6	26.85	12.90	9.01	430.00	11.05
7	26.96	12.95	9.00	500.0	12.92
8	26.14	12.78	9.03	580.0	15.28
9	26.12	12.74	9.01	540.0	13.68
10	26.08	12.80	9.05	450.0	11.19
promedio				= 12.25 kg/cm <sup>2</sup>	



Figura 2) Resistencia promedio a la flexión

En las pruebas de laboratorio, los resultados de la resistencia a la flexión a que han sido sometidas las muestras en el laboratorio, en la figura 3 se aprecia el resumen del esfuerzo de rotura de cada porcentaje, guiándose según la norma E.080 (2017) de adobes.

Tabla 3) Esfuerzo promedio a la ruptura

Porcentaje de agregado	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
0 %	7.57
5 %	12.25
10 %	10.39
15 %	9.34

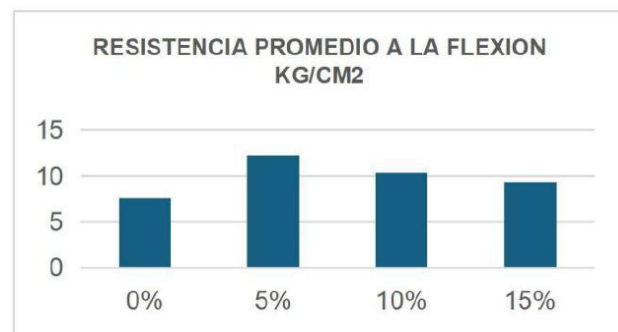


Figura 3) Esfuerzo promedio a la ruptura

Con los antecedentes y a petición del Instituto Tamaulipeco de Vivienda y Urbanización del Gobierno del Estado de Tamaulipas y el déficit de vivienda en el estado y buscando efficientar el uso del adobe para la construcción en la región sur de Tamaulipas se hace la presente investigación, en la cual se propone hacer uso

del adobe, utilizando el suelo con propiedades cohesivas, al cual en lugar de fibra de coco como agregado se utiliza el cemento porlant tipo I, adicionando el 10% del peso del suelo seco, se llegó a esa determinación del porcentaje en base a la resistencia lograda y el equilibrio del costo por pieza elaborada, las cuales son de 30 cm. de longitud, 15 cm. de ancho y 15 cm de altura, una vez hecha la mezcla en la proporción establecida y con la humedad optima se procede a acomodar en moldes metálicos para su compactación en prensas hidráulicas y su posterior secado a la sombra, para después de lograr su secado es sometido a las diferentes pruebas de laboratorio y campo respectivamente, obteniéndose los siguientes resultados.

Dosificación

Agregado	Porcentaje	Peso del suelo	Peso del cemento
Cemento	0 %	12.96 Kg.	0 Kg.
Cemento	5 %	12.96 Kg.	0.65 Kg.
Cemento	10 %	12.96 Kg.	1.30 Kg.
Cemento	15 %	12.96 Kg.	1.94 Kg.

El comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe con cemento varía según los porcentajes del mismo, apreciándose la resistencia a la compresión en la tabla 4.

Tabla 4) Comportamiento propiedades físicas

N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga (Kg)	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	30.01	15.03	14,525.57	451.05	32.20
2	30.03	15.02	14,485.35	451.50	32.08
3	30.03	15.01	14,515.17	450.75	32.20
4	30.09	15.08	14,520.31	453.76	31.99

5	30.10	15.05	14,495.23	453.00	31.99
6	30.02	15.03	14,523.05	451.20	32.18
7	30.12	15.07	14,490.55	453.91	31.92
8	30.07	15.04	14,490.07	452.25	32.03
9	30.09	15.08	14,493.70	453.76	31.94
10	30.11	15.08	14,505.51	454.36	31.92
Promedio				= 32.04	



Figura 4

El análisis realizado a grupos de diez muestras, variando el porcentaje de cemento a cada grupo, desde 0%, 5%, 10% y 15%, se muestran en la figura 5.

Tabla 5

Porcentaje de cemento	Resistencia promedio a compresión
0 %	17.32 Kg/cm <sup>2</sup>
5 %	25.75 Kg/cm <sup>2</sup>
10 %	32.04 Kg/cm <sup>2</sup>
15 %	33.27 Kg/cm <sup>2</sup>

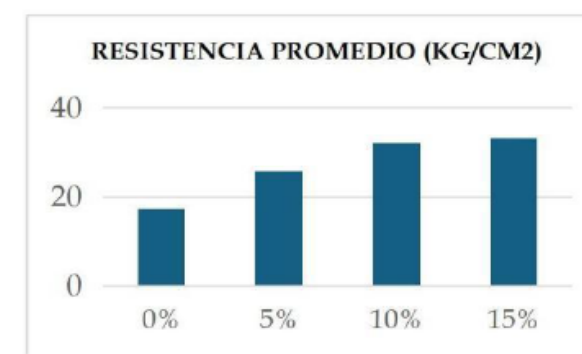


Figura 5

La tabla 6 nos indica el promedio de resistencia a la flexión lograda al 10 %, el cual llegó a 31.50 Kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 6

N°	Luz libre (cms.)	b (cms.)	h(cms.)	Lectura del dial (kg.)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	25.00	15.00	15.02	1,370	32.50
2	25.05	15.03	15.04	1,395	30.22
3	25.11	15.01	15.01	1,310	30.73
4	25.05	15.02	15.03	1,383	32.28
5	25.0	15.00	15.00	1,290	30.04
6	25.1	15.01	15.01	1,380	32.47
7	25.06	15.03	15.05	1,360	31.77
8	25.01	15.08	15.03	1,350	31.41
9	25.08	15.0	15.01	1,365	31.94
10	25.04	15.02	15.05	1,355	31.61



Figura 6



Figura 7

Tabla 7

Porcentaje de muestra	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
0 %	10.46 Kg/cm <sup>2</sup>
5 %	12.25 Kg/cm <sup>2</sup>
10 %	31.50 Kg/cm <sup>2</sup>
15 %	32.04 Kg/cm <sup>2</sup>

## RESULTADOS

La resistencia al incorporar cemento en porcentajes del 5%, 10% y 15%, aumenta significativamente, en comparación con el adobe sin aditivos. Los ensayos confirman que las propiedades mecánicas del adobe mejoran con la adición de cemento, alcanzando una resistencia de compresión de hasta 32.04 Kg/cm<sup>2</sup> con el 10% de cemento. Además, la resistencia a la flexión mejora con la incorporación de cemento, con una máxima de 31.50 Kg/cm<sup>2</sup> con el 10% de cemento.

El impacto ambiental del adobe como material de construcción es positivo. La producción de adobe requiere pocos recursos industriales y no implica procesos de manufactura complejos ni el uso intensivo de energía.

El adobe tiene ciertos desafíos en cuanto a su impacto ambiental, como la necesidad de mantener prácticas de extracción responsable del suelo.

A pesar de estos desafíos, la tendencia hacia la mejora de los materiales de adobe o la mejora de su resistencia al agua, está ayudando a mitigar estos problemas. Estas innovaciones pueden hacer que el adobe sea aún más resistente y eficiente, aumentando su vida útil y reduciendo inversiones costosas y de alto impacto ambiental.

## CONCLUSIÓN

El análisis muestra que el porcentaje más aceptable de resistencia similar al especificado en la norma E080 fue del 10 % de cemento, esto debido a que la resistencia a la compresión

es de 32.04 kg/cm<sup>2</sup>, así mismo a la flexión, también con el 10 % de cemento su resistencia es de 31.50 kg/cm<sup>2</sup>.

Al utilizar materiales como el adobe que es proveniente del suelo se disminuye el impacto medioambiental, sin embargo, su uso se limita a zonas áridas, debido al intemperismo por efecto de lluvias e inundaciones. Es en estos lugares en donde la construcción con suelo representa una verdadera alternativa de desarrollo sostenible, y para que esta alternativa se dé, son necesarios el interés de la academia, la validación de la investigación que conlleve a la legalización y la voluntad del Estado representada en políticas públicas que permitan el desarrollo, siendo el adobe un material importante en la implementación de los proyectos habitacionales.

Sin embargo, aunque el adobe sigue siendo una alternativa ecológica y de bajo impacto ambiental en muchos aspectos, su éxito como material de construcción sostenible depende de la gestión responsable de sus recursos, así como de la implementación de mejoras tecnológicas que incrementen su durabilidad y resistencia a factores climáticos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Montalvo, L. F. E., Matus, R. A., García, M. D. L. O., & Gálvez, H. P. (2019). Mejoramiento estructural de la vivienda tradicional de adobe de Chiapa de Corzo, Chiapas/ Structural improvement of the traditional housing of adobe from Chiapa de Corzo, Chiapas. RICS H Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas, Rivera Torres, J. C. (2012). El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales. Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural- Journal of Cultural Heritage Studies.

## Reutilización de Aceite Comestible Usado Para Fabricar Jabón: Solución Sostenible Contra la Contaminación Ambiental

Bertha Yadira Elizondo Nolazco.  
 Claudia Cárdenas Vega  
 Merary Nohemy Gallardo Aguilar  
 Andrea Elisa Bazaldua Valadez

Instituto Tecnológico de Linares, Carretera Nacional Km. 157, Linares N. L.  
 belizondo@itlinares.edu.mx

## RESUMEN

El presente estudio aborda una problemática ambiental significativa relacionada con el manejo inadecuado de residuos de aceite comestible, especialmente aquél utilizado por empresas de alimentos y comida rápida. El objetivo se centró en evaluar propiedades físicas y sensoriales de jabón elaborado a partir de aceite usado mediante el proceso de saponificación, que implica una reacción química entre un ácido graso y una base fuerte, como NaOH o KOH. La metodología fue experimental y comparativa, con tres tratamientos: Muestra 1 con 100 % aceite nuevo, Muestra 2 con 50 % aceite nuevo y 50 % aceite usado, y Muestra 3 con 100 % aceite usado. Se controló que la densidad de las muestras estuviera en un rango similar (.910 a .930 g/ml) para garantizar comparabilidad. Para la evaluación sensorial de las muestras se utiliza un panel de cinco jueces. Los resultados revelan que el jabón elaborado con aceite usado (Muestra 3) tiene un alto nivel de sostenibilidad, siendo adecuado para limpieza general e higiene de manos. Además, presenta un valor de saponificación (SV) entre 181 y 188 mg/g. Sensorialmente se analiza que el jabón es suave, cremoso y genera espuma ligera. Por otro lado, las muestras con

menor porcentaje de aceite usado (Muestras 1 y 2) tienen sostenibilidad baja y media, respectivamente, y un SV más alto (hasta 230 mg/g), sugiriendo un jabón más espumoso, pero menos suave, no recomendable para uso en la piel. En conclusión, la utilización de aceite comestible quemado en la fabricación de jabón es una alternativa técnica y ambientalmente sostenible para el aprovechamiento de residuos contaminantes de alto impacto. Este enfoque contribuye a reducir la contaminación ambiental y promueve un adecuado manejo de residuos, además de ofrecer productos con propiedades adecuadas para diversas aplicaciones de limpieza.

**Palabras clave:** Jabón, aceite quemado, sostenibilidad, reciclaje.

## ABSTRACT

This study addresses a significant environmental issue related to the improper management of edible oil waste, especially that generated by food and fast-food companies. The objective focused on evaluating the physical and sensory properties of soap produced from used oil via the saponification process, which involves a chemical reaction

between a fatty acid and a strong base, such as NaOH or KOH. The methodology was experimental and comparative, with three treatments: Sample 1 with 100% fresh oil, Sample 2 with 50% fresh oil and 50% used oil, and Sample 3 with 100% used oil. Density was controlled to be in a similar range (0.910 to 0.930 g/mL) to ensure comparability. For the sensory evaluation of the samples, a panel of five judges was used. The results reveal that the soap made from used oil (Sample 3) has a high level of sustainability, being suitable for general cleaning and hand hygiene. It also exhibits a saponification value (SV) between 181 and 188 mg/g. Sensory analysis indicates that the soap is mild, creamy, and produces light foam. Conversely, samples with a lower percentage of used oil (Samples 1 and 2) show low and medium sustainability, respectively, and a higher SV (up to 230 mg/g), suggesting a more foamy soap but less mild, not recommended for skin use. In conclusion, the use of burnt edible oil in soap manufacturing is a technically and environmentally sustainable option for valorizing high-impact contaminant wastes. This approach helps reduce environmental pollution and promotes proper waste management, in addition to offering products with properties suitable for various cleaning applications.

Keywords: Soap, burnt oil, sustainability, recycling.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, hemos presenciado diferentes fenómenos causados por la gran contaminación ambiental que existe en la actualidad, generalmente producida por las empresas y sus grandes producciones y desperdicios, lo que ha traído un sinnúmero de preocupaciones, al igual que ideas para disminuir o minimizar el impacto ambiental

producido durante la elaboración de cualquier tipo de producto.

Uno de los principales contaminantes es el aceite usado, esto debido a que diversas empresas emplean aceite como parte de su producción, pero una vez requieren cambiarlo, esto se vuelve un problema mayor, ya que este tipo de residuo es desechado generalmente por desagües o suelos, afectando dos ecosistemas diferentes.

Este tipo de contaminación afecta diversas actividades, tales como la agricultura y la pesca, dichas que en ciertas zonas son ampliamente usadas para la economía local.

Pero, la principal pregunta no es ¿qué más formas podría afectarnos seguir desechando este tipo de residuos?, sino ¿qué alternativa puede ser más viable para aprovechar adecuadamente los recursos existentes y minimizar el impacto en el medio ambiente?

Dentro de esta investigación, nos enfocaremos en el aceite comestible usado por las empresas, especialmente de alimentos, de tal forma que podamos encontrar una de las alternativas más eficientes para provechar el aceite usado que tienen como residuo algunas empresas, sin embargo, también veremos la viabilidad de llevar a cabo este proceso, y que tan factible sería usarlo.

## ANTECEDENTES

El aceite comestible es uno de los principales productos empleados tanto de forma doméstica, como de forma industrial en las empresas de alimentos, ya que muchos de los productos que consumimos normalmente suelen ser preparados empleando este tipo de aceite.

Según algunos estudios realizados por la PROFECO, una familia de 4 integrantes en promedio suele consumir un litro de aceite por mes (Díaz, 2022), lo que en promedio corresponde a un aproximado de 10 litros de aceite por año. Ahora bien, contemplando que un litro de aceite puede llegar a contaminar hasta mil litros de agua (Castro, 2023), empresas grandes que pueden llegar a desechar miles de litros de aceite generan un impacto mayor en el medio ambiente.

Esto radica principalmente en un mal manejo de residuos contaminantes, ya que al tirarlo por el drenaje no solo obstruye las tuberías al entrar en contacto con otro tipo de líquidos, sino que, además, este tipo de residuos llegan hasta cuerpos de agua, suelos o redes de alcantarillado, provocando de la contaminación de aguas sea uno de los principales problemas provocados por las empresas.

Ahora bien, ¿de qué otra forma puede afectar la contaminación de agua por aceite usado? El aceite usado puede repercutir principalmente en el intercambio de gases, especialmente en el oxígeno (Bogotá, 2019), esto implica que se reduzca significativamente la oxigenación del agua, lo que no solo baja la calidad fisicoquímica, sino que pone en peligro a cualquier tipo de especie que exista dentro de ese cuerpo de agua, ya que la grasa puede cubrir las branquias de los peces provocando su muerte por asfixia.

La norma NOM-161-SEMARNAT-2011 establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial (como los de la industria, comercio y servicios) y considera que los residuos no deben mezclarse y deben darse un manejo especial, con el objetivo de promover

la reducción de basura, el reciclaje y la disposición final adecuada (Gobierno Federal, 2013).

La UNESCO es una de las organizaciones que ha documentado mucho que, del daño producido por el mal manejo de este tipo de residuos, de tal forma que ha propuesto llevar a cabo diferentes alternativas para el uso de estos desechos, tales como biodiesel y jabones artesanales (UNESCO, 2020).

## METODOLOGÍA

Metodología experimental para la evaluación comparativa de jabones elaborados con aceite vegetal comestible nuevo, usado y mezcla, mediante análisis sensorial, físico-químico (saponificación) y evaluación de sostenibilidad. Diseño del estudio con enfoque experimental y comparativo:

- Diseño de tres tratamientos (grupos) de muestras: Muestra 1 (T1): 100% aceite nuevo. Muestra 2 (T2): 50% aceite nuevo + 50% aceite usado. Muestra 3 (T3): 100% aceite usado.
- Saponificación (SV) con NaOH y con KOH: triplicado por muestra.
- Variable independiente: tipo de aceite utilizado (nuevo, usado, mezcla).
- Variables dependientes: propiedades sensoriales (aroma, textura, color, espuma), propiedades físicas (consistencia, dureza, uniformidad), valor de saponificación (SV) con NaOH y KOH, usabilidad recomendada, y criterios de sostenibilidad.
- Variables de control: temperatura de reacción (40–50°C), proporciones químicas, protocolo de curado, condiciones de almacenamiento, protocolo de evaluación sensorial.
- Obtención y preparación de muestras.
- Procesos de producción de jabón

representativo para cada tratamiento para garantizar reproducibilidad.

- Evaluaciones sensoriales y físicas de las muestras de jabón en condiciones controladas, con panel entrenado, en replicación.
- Verificación de consistencia, textura y apariencia física similares entre repeticiones.
- Documentación de tono, suavidad y color superficial mediante escalas estandarizadas.
- Cata sensorial con panel entrenado para intensidad y agradabilidad del aroma (clasificación: agradable/adequado a fuerte/menos placentero).
- Generación de espuma mediante método estandarizado para estimar cantidad y estabilidad.
- Unidades de análisis en lotes de jabón elaborados a partir de cada tratamiento.

## DESARROLLO

El presente proyecto adopta un enfoque experimental, con un diseño comparativo entre tres parámetros de muestras distintas de aceite vegetal comestible pero usado, con el fin de evaluar sus propiedades físicas, sensoriales y de sostenibilidad. Se establecieron tres tratamientos o grupos de muestras:

- Muestra 1: 100 % aceite nuevo.
- Muestra 2: 50 % aceite nuevo + 50 % aceite usado.
- Muestra 3: 100 % aceite usado.

## Obtención y Preparación de Muestras

Las muestras de aceite de usado fueron recolectadas y categorizadas según su estado de uso, color y densidad. Para las muestras 2 y 3, se aseguraron procesos de obtención

consistentes, incluyendo.

1. La recolección proveniente de fuentes controladas en este caso se utilizan aceites fritos reciclados de la cafetería del instituto.
2. Cada muestra fue manejada en condiciones controladas para evitar alteraciones previas a la evaluación.
3. Se realizó una producción de jabones representativo en cada tipo de tratamiento para garantizar la reproducibilidad de los resultados.
4. Se llevaron a cabo evaluaciones sensoriales y físicas de los jabones en condiciones controladas, siguiendo protocolos estandarizados.
5. Se evaluó visualmente la textura y la apariencia física de las muestras, asegurando que todas presentaran una consistencia muy similar.
6. Se calificó el tono y la suavidad de cada muestra, documentando la variación en el color y la textura superficial.
7. Se realizó una evaluación sensorial mediante cata con panel entrenado para determinar la intensidad y agradabilidad del aroma, categorizando de "agradable y adecuado" a "fuerte y menos placentero".
8. Se generó espuma mediante un método estandarizado para evaluar la cantidad y estabilidad de la espuma formada en cada muestra.

## Evaluación de Uso Sugerido y Sostenibilidad

Basándose en las propiedades físicas y sensoriales, se determinaron los posibles usos de cada muestra:

- Uso personal (piel) para la muestra 1.
- Limpieza doméstica, menos indicado para uso en piel en la muestra 2.
- Limpieza general y manos, con buena

sostenibilidad en la muestra 3, considerando el uso de aceite reciclado.

La sostenibilidad se valoró cualitativamente en baja, media y alta, en función del origen del aceite y su proceso de reciclaje.

## Análisis Químico de Parámetros Específicos

Se determinaron los parámetros de saponificación (SV) en mg/g, mediante la titulación con NaOH y KOH: SV (NaOH): Se realizó en triplicado para cada muestra.

Proceso de saponificación con NaOH:

### 1. Preparación de los ingredientes

Se seleccionan los aceites (aceite comestible nuevo, usado y mezcla de ellos)

Se mide cuidadosamente la cantidad de NaOH y agua necesarios. 100 ml de aceite; 14 g de NaOH; 32 g de agua.

### 1. Disolución de NaOH:

Se disuelve el NaOH en agua, formando una solución alcalina concentrada. Es importante agregar el NaOH al agua lentamente y con precaución, ya que la reacción es exotérmica y puede generar calor.

### 2. Calentamiento de los aceites:

Los aceites o grasas se calientan ligeramente para facilitar la reacción, generalmente a temperaturas entre 40-50°C.

### 3. Mezcla de ingredientes:

La solución de NaOH se añade lentamente a los aceites calientes, mientras se mezcla

continuamente para asegurar una reacción homogénea.

### 4. Reacción de saponificación:

La NaOH rompe los enlaces éster de los triglicéridos en los aceites, liberando glicerina y formando sales de ácidos grasos, que son los componentes del jabón. La reacción tuvo una duración de 30 minutos.

### 5. Vertido y curado:

La mezcla se vierte en moldes y se deja enfriar y curar durante seis días. O hasta completar su proceso de saponificación.

### 6. Corte y uso:

Una vez sólido y curado, el jabón se corta en barras y está listo para su uso.

## Para el proceso de saponificación SV (KOH)

Materiales

- Aceite (nuevo o usado, filtrado).
- KOH (hidróxido de potasio) (en pellets/escamas).
- Agua destilada (para disolver la potasa).
- Recipiente resistente al calor (vidrio Pyrex, acero inoxidable o HDPE).
- Batidora de mano o espátula.
- Guantes, gafas y mascarilla (¡muy importante!).

Proporciones

Aceite: 100 ml ≈ 92 g.

KOH = 17g KOH puro

Agua: 55 ml de agua destilada.

Proceso de preparación

1. Filtrar el aceite si se está utilizando del usado para quitar restos de comida.

2. Pesar todos los ingredientes.
3. Disolver el KOH
4. Mezclar con cuchara hasta disolver.
5. Calentar ligeramente el aceite (40–50 °C).
6. Verter la solución de KOH en el aceite.
7. Batir con batidora de mano.
8. Después de varios minutos, la mezcla se vuelve opaca y más espesa, como una mayonesa ligera
9. Cocción a baño maría o en olla de cocción lenta a fuego bajo, revolviendo hasta que se forme una pasta translúcida (como miel espesa). Esto puede tardar 1–2 horas.
10. Colocar en moldes y deja reposar el jabón 1–2 días.

## RESULTADOS

En la elaboración de los jabones se obtuvo resultados totalmente útiles. A pesar de que la formulación tenía cambios significativos entre cada una de las muestras, pudimos obtener, además de la misma cantidad de jabones, una similitud entre la consistencia de cada una de las muestras. La diferencia radicaba principalmente en su apariencia.

Para la primera muestra, se produjo un jabón suave, de un tono claro, con aroma agradable y de excelente textura, lo cual podría ser ideal para el uso personal, ya que esta sería la calidad estándar de los jabones en el mercado, aunque sería menos sustentable ya que se emplea aceite que no está quemado.

En la segunda muestra se obtuvo un jabón completamente funcional. Una de las únicas desventajas que se tuvieron para esta muestra fue la coloración más oscura a comparación de la primera muestra, además su olor podría no ser tan agradable para todas las personas y carece un poco de la formación de espuma. Este tipo de jabón podría ser útil para tipos de

limpieza genera, como para uso doméstico.

Para la última muestra, se elaboró un jabón que parecía una mezcla de ambos tipos de jabones, con la apariencia de nuestra primera muestra, pero con el olor de la segunda. Esto tiene una gran ventaja, ya que se ha aprovechado el aceite usado como residuo para su elaboración, lo que nos permite que pueda ser empleado como uso personal, especialmente en las manos, ya que es más seguro, pero también para la limpieza general.

Por lo tanto, se obtuvieron jabones útiles en todas las muestras, manteniendo una consistencia similar entre ellas a pesar de cambios en la formulación, con diferencias principalmente en la apariencia. La primera muestra ofreció un jabón suave, claro, aroma agradable y excelente textura, adecuado para uso personal, aunque menos sostenible por usar aceite no quemado. La segunda muestra fue completamente funcional, pero de color más oscuro, olor menos agradable para algunas personas y menor formación de espuma, útil para limpieza doméstica en general. La tercera muestra combinó lo anterior: apariencia de la primera y olor de la segunda, aprovechando el aceite usado, lo que permite uso personal (manos) y limpieza general. Ver tabla 1.

**Tabla 1 Resultados de los análisis realizados**

Parámetro / Muestra	1 (100% cártamo nuevo)	2 (50% cártamo nuevo + 50% usado)	3 (100% cártamo usado)
Consistencia	Muy similar entre todas	Muy similar entre todas	Muy similar entre todas

Apariencia	Suave, tono claro	Tono más oscuro	Aún más oscuro que la 2
Aroma	Agradable, adecuado para uso personal	Menor agradable, más fuerte	Aroma fuerte, no tan placentero
Espuma	Estándar (basado en cártamo puro)	Menor formación de espuma	Espuma reducida, pero funcional
Uso sugerido	Uso personal (piel), calidad premium	Limpieza doméstica; menos indicado para piel	Limpieza general, manos; buena sostenibilidad
Sostenibilidad	Baja	Media	Alta (uso de aceite reciclado)
SV (NaOH, mg/g)	192 mg/g (rango 186–198)	Promedio ~191 mg/g (mezcla nuevo/usado)	~181–188 mg/g (valor medio de aceites fritos)
SV (KOH/ mg/g)	186–198 mg/g	Similar ~190–195 mg/g	~181–187 mg/g

A pesar del uso de aceite reciclado, los valores de SV siguen estando muy cerca (~190 NaOH), lo que explica que todas las muestras rindan cantidades similares y tengan consistencias parecidas. La muestra 3, tomó una tonalidad más oscura y un olor fuerte, sigue siendo efectiva en limpieza y tiene menor espuma, pero ofrece un perfil sostenible. La muestra 2 representa un buen compromiso entre apariencia/uso (mezcla) y sostenibilidad. Por lo tanto se comprueba que se puede reutilizar aceite usado sin comprometer la eficiencia del jabón, respaldado por los valores de saponificación.

## CONCLUSIONES

La elaboración de un jabón es mucho más sencilla de lo que podría imaginarse, y si se añaden materiales que se poseen como residuos en casa

y que, además, pueden dañar el medio ambiente, se puede aportar al menos un pequeño granito de arena para cambiar una de las situaciones que más afecta al planeta.

Es necesario ser más conscientes de que la basura y los desperdicios también pueden afectar la calidad de vida, y aprender a adoptar hábitos más éticos permite mejorar como personas.

Esta investigación presenta como resultado una alternativa segura para uno de los residuos más problemáticos para las grandes empresas, que, además, puede emplearse de forma segura en casa.

Tras los resultados obtenidos en este proceso, se comprendió que es posible desarrollar jabones a partir del uso de aceite quemado y que ello puede convertirse en un emprendimiento seguro de jabones para limpieza general o doméstica.

Gracias a esto, la elaboración de jabón a partir de aceite comestible quemado se presenta como una alternativa altamente viable, técnica y ambientalmente sostenible para el aprovechamiento de un residuo de alto impacto contaminante. Este proceso no solo permite reducir la carga orgánica que los aceites generan en cuerpos de agua al ser desechados incorrectamente, sino que también transforma un desecho doméstico o industrial en un producto útil y comercializable.

Además, esta práctica representa una oportunidad para grandes empresas del sector alimentario y restaurantero, ya que pueden implementar programas de reciclaje interno, reducir sus costos de manejo de residuos y mejorar su imagen ante un mercado cada vez más consciente del impacto ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

Bogotá, O. A. (27 de diciembre de 2019). Observatorio Ambiental de Bogotá. Obtenido

de Aceite de cocina, otra amenaza para los acuíferos: <https://oab.ambientebogota.gov.co/aceite-de-cocina-otra-amenaza-para-losacuiferos/>

Castro, M. (20 de enero de 2023). GreenPeace . Obtenido de Ponete a prueba: ¿sabías que estos 3 tipos de residuos pueden reciclarse?: <https://www.greenpeace.org/argentina/blog/problemas-contaminacion/ponete-aprueba-sabias-que-estos-3-tipos-deresiduos-pueden-reciclarse/>

Diaz, M. (28 de marzo de 2022). Queen Sense. Obtenido de Consumo de aceites comestibles en México.: [https://queensense.com.mx/blogs/news/consumo-de-aceite-comestible-en-mexico?srsId=AfmBOooEPjKCBRpYQUls8xb1eIlBJ7auH3tQNYmdREZbaFrI9\\_JQmocz](https://queensense.com.mx/blogs/news/consumo-de-aceite-comestible-en-mexico?srsId=AfmBOooEPjKCBRpYQUls8xb1eIlBJ7auH3tQNYmdREZbaFrI9_JQmocz)

Federación, D. O. (2013). NORMA Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dich. 01: febrero.

Ocampo, G. H. (s.f.). Salud Planetaria. Obtenido de Impacto del Aceite Quemado en el medio ambiente y la salud.: <https://saludplanetaria.espm.mx/nota-impactos-del-aceite-quemado-en-el-medioambiente-y-la-salud-76>

UNESCO. (17 de agosto de 2020). Fabricación de jabón a partir de aceites residuales: una oportunidad para los cursos de agua y para la salud. Obtenido de <https://www.unesco.org/es/articles/fabricacion-de-jabon-partir-de-aceites-residuales-una-oportunidad-para-los-cursos-de-agua-y-para-la-salud>

## Evaluación del Impacto Económico de Transición a Camiones Eléctricos de Carga Para un Empresario Hombre-Camión

Sandoval García Edgar Roberto

Rebollo Hernández Belen

Martínez Guzmán Anabel

Ramos Rodríguez Guadalupe Graciela

Tecnológico Nacional de México/TES de Cuautitlán Izcalli, Av. Nopaltepec s/n, La Perla, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, C.P. 54740  
edgar.sg@cuautitlan.tecnm.mx

### RESUMEN

En 2022 México actualizó sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional estableciendo un aumento en la meta de reducción de emisiones de carbono equivalente del 22% a 35% al 2030. En específico para el sector transporte, una de las principales estrategias de mitigación se enfoca en la electromovilidad. Enfocado en un empresario hombre-camión, el objetivo de estudio fue realizar un estudio técnico-económico para identificar los retos financieros y tecnológicos que enfrenta al tomar la decisión de migrar de la tecnología tradicional diésel a camiones eléctricos de carga. El empresario, con un camión de tres ejes de 1978, realiza en promedio 391 viajes al año, recorriendo 281 km por viaje. La unidad, con un costo inicial ajustado por inflación de \$363,399.60 pesos, ofrece un rendimiento de 3.38 km/l y al menos cinco años más de vida útil. Durante el 2023, los costos de combustible representaron el 67% de los flujos de egreso. Actualmente, la inversión aproximada de un camión similar eléctrico y su sistema de recarga en patio es de \$190,000.0 dólares. Para garantizar la viabilidad del proyecto de transición durante el período 2025-2029, con una tasa

de interés del 16%, los flujos de egreso deberán representar menos del 50% de los valores originales ajustados por inflación, obteniendo así un Valor Presente Neto positivo. Al considerar una tasa de interés del 5%, los flujos de egreso deberán representar menos del 69%. Al permitir una reducción de más del 50% en las emisiones de carbono equivalente por kilómetro respecto a la tecnología de combustión interna, la tecnología de camiones eléctricos requiere de promover el desarrollo de servicios financieros inclusivos y modernos, que impulsen la innovación y la productividad en las empresas, así como un despliegue de infraestructura de carga y políticas gubernamentales dirigidas a incentivar su adopción. **Palabras clave:** camión eléctrico, empresario hombre-camión, viabilidad.

### ABSTRACT

In 2022, Mexico updated its Nationally Determined Contributions, setting up an increase in the carbon equivalent emissions reduction target from 22% to 35% by 2030. Specifically for the transportation sector, one of the main mitigation strategies

focuses on electromobility. Focusing on micro entrepreneurs, the study's goal was to conduct a technical-economic study to find the financial and technological challenges faced when making the decision to migrate from traditional diesel technology to electric cargo trucks. The entrepreneur, with a 1978 three-axle truck, makes an average of 391 trips per year, traveling 281 km per trip. The unit, with a first inflation-adjusted cost of 363,399.60 pesos, offers a fuel efficiency of 3.38 km/l and at least five more years of useful life. During 2023, fuel costs accounted for 67% of outflows. Currently, the approximate investment for a similar electric truck and its yard charging system is \$190,000. To ensure the viability of the transition project during the 2025-2029 period, with a 16% interest rate, outflows must stand for less than 50% of the original inflation-adjusted values, thus obtaining a positive Net Present Value. Considering the 5% interest rate, outflows must stand for less than 69%. By enabling a reduction of more than 50% in equivalent carbon emissions per ton-km compared to internal combustion technology, electric truck technology requires promoting the development of inclusive and modern financial services that drive innovation and productivity in companies, as well as the deployment of charging infrastructure and government policies aimed at incentivizing its adoption. Keywords: electric truck, micro entrepreneur, feasibility.

## INTRODUCCIÓN

El mercado global de vehículos eléctricos medianos y pesados está creciendo rápidamente. Los camiones pesados enfrentan desafíos persistentes, incluyendo mayores costos de financiamiento, valores residuales inciertos e incertidumbres técnicas. A nivel mundial, el sector del transporte de

mercancías por carretera es un mercado altamente fragmentado, caracterizado por un gran número de pequeñas y medianas empresas (Pymes), que dominan la fuerza laboral a nivel mundial. Sin embargo, las Pymes enfrentan barreras desproporcionadas para la adopción de este tipo de vehículos debido al acceso limitado a financiamiento y capital asequibles, especialmente pronunciado en los mercados emergentes (ITF, 2025).

Durante el 2022, México presentó ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático la actualización de su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDCs, por sus siglas en inglés: National Determined Contributions) en concordancia con la Ley General de Cambio Climático (LGCC) y el Artículo 4 del Acuerdo de París. En esta NDCs, México establece un aumento en la meta de reducción de gases de efecto invernadero acrecentando de 22% a 35% al 2030 con respecto a su línea base (2013), con recursos nacionales que aportarán al menos un 30% y 5% con cooperación y financiamiento internacional previsto para energías limpias. En específico para el sector transporte, con una proyección de 174 a 250 MtCO<sub>2e</sub> entre 2013 y 2030, algunas de las principales estrategias de mitigación se enfocan en la electromovilidad, el fortalecimiento de la normatividad referente a la eficiencia energética vehicular, tanto de vehículos ligeros como de pesados y el fomento a la transición hacia vehículos más eficientes, así como el fortalecimiento de programas de transporte limpio (SEMARNAT, 2022). Respecto al transporte de mercancías a nivel país, en 2023, el modo carretero movilizó el 70% de las toneladas-kilómetro transportadas, seguido por el ferroviario, el cual transportó 22% del total de toneladas-kilómetro (tkm) (BIEE, 2024). Recientemente, durante el 2023,

se expidió el anteproyecto de una Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (CONAMER, 2023), en donde se propone que al 2030 el 50 % de las ventas de vehículos ligeros sean unidades cero emisiones (eléctrico e híbridos enchufables) y que al 2040 el 100 % de las ventas de nuevos vehículos ligeros y pesados serían cero emisiones (SEMARNAT, 2023). Enfocado en un empresario hombre-camión, el objetivo de esta propuesta fue realizar un estudio técnico-económico para identificar los retos financieros y tecnológicos que enfrenta al tomar la decisión de migrar de la tecnología tradicional diésel a camiones eléctricos de carga.

## ANTECEDENTES

Tal como propone Sugihara et al. (2023), basado en 28 entrevistas aplicadas a tomadores de decisión en flotas comerciales y públicas que operan camiones pesados en California, describe que la infraestructura de carga, los costos de compra y la autonomía son las barreras predominantes para la electrificación de camiones pesados. Siendo cada una de estas barreras mencionada por más de la mitad de los entrevistados. Tras realizar un análisis comparativo del Costo Total de Pertenencia (TCO, por sus siglas en inglés), Danielis, et al. (2025), concluyeron que los vehículos eléctricos a batería (VEB), especialmente en el sector de los camiones pesados podrían seguir sin ser competitivos incluso en las próximas décadas. Dicho hallazgo lo atribuyen a los altos costos de adquisición, derivado de los costos de las baterías, que crean disparidades sustanciales en comparación con sus contrapartes convencionales. Un estudio de Zhao, et al. (2024), que dio seguimiento a los desafíos y oportunidades de la electrificación de camiones en China,

utilizando datos operativos de más de 60,000 unidades eléctricas, reveló que los VEB se utilizan por debajo de su potencial máximo, provocado por su bajo nivel de autonomía, como se pudo deducir de su corto kilometraje diario y el uso insuficiente de la batería en comparación con sus contrapartes a diésel, lo que afectó su viabilidad económica y ambiental. El análisis identificó que optimizar el uso, mejorar las tecnologías de baterías y expandir la infraestructura de carga son clave para una electrificación exitosa. Una parte significativa del costo inicial de los VEB se debe a la batería. El costo de la batería puede representar más del 63% del costo total del vehículo en el segmento de larga distancia para camiones pesados (Noll, et al., 2022). El valor de reventa de las baterías puede influir en el TCO general (Rout, et al., 2022). La reducción en la capacidad de carga útil debido al peso de las baterías puede generar costos adicionales si se requieren más camiones para transportar la misma cantidad de mercancías (Parvizomran y Bergqvist, 2023; Karlsson y Grauers, 2023). La elección del lugar de recarga, la capacidad de potencia, el tiempo de recarga y el precio de la electricidad pueden afectar significativamente el gasto de combustible y la eficiencia de los VEB (Parvizomran y Bergqvist, 2023). Las intervenciones gubernamentales siguen siendo esenciales para la adopción de los VEB y para equilibrar el riesgo entre las partes interesadas. Para motivar la transición, los gobiernos pueden utilizar regulaciones, impuestos, zonas de cero emisiones y otros instrumentos de política para cerrar la brecha del TCO entre los vehículos eléctricos y diésel, provocando así la inversión privada en el sector. La inversión simultánea en infraestructura de carga es

esencial para permitir la electrificación de los vehículos pesados (ITF, 2025). Los camiones y autobuses eléctricos de batería superan a sus homólogos diésel en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a lo largo de su vida útil, al producir 63% menos emisiones por kilómetro (O’Connell, et al., 2023). Durante el panel “Desarrollo actual y futuro de la infraestructura de carga en México” dentro del Latam Mobility & Net Zero México 2024, acorde a Del Toro (2024), los especialistas participantes concluyeron que para potenciar el mercado de electromovilidad a nivel país es necesario:

- Fomentar esquemas de inversión colaborativa para el desarrollo de infraestructura de carga impulsado desde un proyecto de nación que facilite la transición.
- Dado que año con año la venta de VEB crece al doble, en los próximos cinco o seis años la mitad de los vehículos que se vendan en el país serán eléctricos, lo que requerirá de tener una planificación integral de la red eléctrica para garantizar una infraestructura pública confiable de carga.
- Estandarización de estaciones de carga.

### METODOLOGÍA

Este estudio utiliza las herramientas básicas para la toma de decisiones de proyectos de inversión, el Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). Herramientas que pueden servir como antecedente para la aplicación de metodologías más completas como el TCO. Las herramientas se aplicaron en un estudio de caso al poder obtener datos reales de un empresario hombre-camión que cuenta con dos camiones de combustión interna con los cuales ofrece servicios de

transporte de mercancía del giro alimenticio y materiales de uso para el hogar. Los servicios de transporte que ofrece el empresario pueden ser locales o foráneos, siendo las rutas principales alrededor del Valle de México. En específico, el vehículo analizado, es un camión tipo C3 (3 ejes con 8-10 llantas) marca DINA modelo 1978, con el cual se han realizado, en promedio y de forma anual: 391 viajes, 110,000 km recorridos y 281.3 km/viaje. Dado que los datos proporcionados por el empresario son del periodo 2019-2023, para visualizar el impacto económico actual y al corto plazo, periodo 2025-2029, se ajustan los datos (inversión inicial, flujo de ingresos y egresos) por el efecto de inflación aplicando la fórmula disponible en Excel de Valor Futuro con sintaxis =VF (tasa; núm\_per; pago; [va]; [tipo]). Las tasas de inflación utilizadas son las tasas históricas sugeridas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (Proyectos México, 2025).

### DESARROLLO

Se parte de la obtención de los flujos de ingresos y egresos del periodo 2019 (año 1) al 2023 (año 5), considerando una inversión inicial en el año 0 de \$265,750.00 pesos (ver tabla 1). El flujo de egresos considera el costo de combustible, aceite, mantenimiento, neumáticos, reencauche, salarios y seguros, principalmente. En promedio, el consumo de combustible ha representado el 66.8% del total de los gastos.

**Tabla 1. Flujos de egreso e ingreso, y tasa de inflación histórica.**

Año	Flujo de ingresos (pesos)	Flujo de egresos (pesos)	Tasa de inflación (%)
2019	625,532	599,982	2.83

2020	1,449,124	979,924	3.15
2021	1,995,532	1,625,396.5	7.36
2022	1,812,456	1,356,371.6	7.82
2023	912,456	859,669.9	4.66
2024	-	-	4.21

Aplicando la fórmula de Valor Futuro de forma anual con su respectiva tasa de inflación, se obtiene la proyección de la inversión inicial llevando el monto de 2019 al 2025, obteniendo así un valor de \$363,399.50.

Los valores de flujos de egresos e ingresos también se actualizan al periodo 2025-2029 utilizando una tasa promedio histórica de 5.005% (ver tabla 2). De la diferencia de los flujos de egreso menos ingreso se obtiene el Flujo de Efectivo Neto (FEN).

**Tabla 2. Flujos proyectados 2025-2029.**

Año	Flujo de ingresos (pesos)	Flujo de egresos (pesos)	FEN (pesos)
2025	855,383.2	820,445.2	34,937.96
2026	2,017,239.5	1,364,094	653,145.5
2027	2,716,927.7	2,212,986.2	503,941.6
2028	2,403,242.1	1,798,493	604,749.1
2029	1,213,867.3	1,143,644.4	70,222.9

Utilizando los valores estimados de FEN, se calcula el Valor Presente Neto (VPN) para determinar la viabilidad del negocio utilizando la fórmula del Valor Neto Actual (VNA) de Excel, utilizando una tasa de interés del 16% y restándole la inversión inicial.

VNA (tasa, valor1, [valor2], ...) ----- Ec. 1.

Se utiliza una tasa de descuento del 16%, ya que hasta antes del 2022 el Gobierno Federal mediante el banco de desarrollo Nacional Financiera (NAFINSA) ofrecía créditos para micro transportista (1 a 5 unidades) para vehículos nuevos y seminuevos a través de intermediarios financieros por un monto máximo de 15 millones de pesos, con una tasa de interés anual máxima hasta del 16% y para seminuevas hasta 17.5% y un plazo del crédito hasta 84 meses para unidades nuevas y 60 para seminuevas (NAFIN, n.d.).

Así mismo se determinó la Tasa Interna de Retorno, mediante la fórmula TIR de Excel, para estimar la tasa que generó la inversión.

TIR (valores; [estimación]) ----- Ec. 2.

Con la finalidad de evaluar la posible compra de un camión eléctrico que pudiera sustituir al camión tradicional, se considera una unidad nueva con un precio inicial de compra de \$3.57 millones de pesos (185,550 dólares estadounidenses).

Con la finalidad de evaluar la posible compra de un camión eléctrico que pudiera sustituir al camión tradicional, se considera una unidad nueva con un precio inicial de compra de \$3.57 millones de pesos (185,550 dólares estadounidenses (USD), a un tipo cambio de 19.24 pesos/dólar). El precio de compra considera el costo de un camión eléctrico nuevo de 145,000 USD (El Financiero, 2022) y un sistema de carga con un costo aproximado de 40,550 USD (NACFE, 2023).

Las características principales del camión eléctrico considerado son:

- Peso Bruto Vehicular 12-18 ton
- Configuración de recarga CCS1, 30 kW DC

c. Batería LiFePO

d. Pack de baterías con tiempo de recarga al 100 % entre 3 y 5 horas (MegaFlux, 2024)

## RESULTADOS

Para el caso del camión a combustión interna se estima el VPN utilizando los valores del FEN extrapolados al periodo 2025-2029 obteniéndose:

- VPN= \$872,883.23
- TIR= 81%

Al obtener un valor de VPN y de TIR positivo se demuestra que el negocio es rentable y que representa un valor de ganancia del proyecto, respectivamente.

Utilizando los mismos valores de FEN que el caso anterior se estiman el VPN y TIR para el caso del camión eléctrico obteniéndose los valores de:

- VPN= -\$2,364,171.62
- TIR= -19%

Valores que representan un proyecto no viable. Se procede a calcular el valor de los FEN que permitirían que la compra de un camión eléctrico sea viable. En el Caso 1, mediante un proceso de prueba y error se estima que si los flujos de egreso representaran sólo el 49.4% de los valores originales (tabla 3) y aplicando la misma tasa del 16%, se obtendría un VPN de \$2,181.24, lo que ya representa un negocio rentable.

**Tabla 3. Ajuste FEN (Caso 1)**

Año	Flujo de ingresos (pesos)	Flujo de egresos (pesos)	FEN (pesos)
2025	855,383.2	405,299.9	450,083.2
2026	2,017,239.5	673,862.5	1,343,377.1
2027	2,716,927.7	1,093,215.2	1,623,712.6

2028	2,403,242.1	888,455.5	1,514,786.5
2029	1,213,867.3	564,960.4	648,907

En un Caso 2, se desarrolló el mismo procedimiento anterior pero ahora bajo el supuesto de que es posible acceder a mejores condiciones crediticias, por ejemplo, con una tasa de interés del 5%. Ante este supuesto, se obtiene un VPN de \$29,993.84, lo que también representa un negocio rentable. En este caso el valor de los flujos de egreso representaría el 68.5% de los valores originales (tabla 4).

**Tabla 4. Ajuste de FEN (Caso 2)**

Año	Flujo de ingresos (pesos)	Flujo de egresos (pesos)	FEN (pesos)
2025	855,383.2	562,004.9	293,378.2
2026	2,017,239.5	934,404.4	1,082,835.1
2027	2,716,927.7	1,515,895.5	1,201,032.2
2028	2,403,242.1	1,231,967.7	1,171,274.4
2029	1,213,867.3	783,396.4	430,470.9

El ahorro del 31.5% en los flujos de egresos sería factible de lograr, ya que acorde a Wang, et al. (2024), los VEB pueden ofrecer ahorros significativos en costos de combustible en comparación con los camiones a combustión interna, al proporcionar un ahorro general del 11% en los costos de operación, principalmente debido a un ahorro del 39% en los costos de combustible, además, los costos de mantenimiento y de consumibles de los vehículos eléctricos son menores a los de combustión interna al tener menos partes móviles (Mohammed y Villegas, 2023).

En México, los empresarios hombre-camión se enfrentan al principal reto de transición a la movilidad eléctrica, la alta inversión inicial. Además del acceso limitado a financiamiento y

las altas tasas de interés de la banca comercial, que, de acuerdo con la Asociación de Bancos de México, se debe a la informalidad y la baja educación financiera del gremio (Gutiérrez, 2025).

De no existir una acción gubernamental en el corto plazo para promover esquemas de inversión colaborativa para instalar a nivel país un sistema robusto de carga eléctrica estandarizada, así como promover la reducción de las tasas de interés de la banca comercial, los empresarios hombre-camión no tendrán los elementos necesarios para transitar de un negocio rentable basado en vehículos usados de combustión interna a uno basado en novedosos vehículos eléctricos, pero con nula rentabilidad.

## CONCLUSIONES

Los camiones eléctricos se están convirtiendo en una alternativa cada vez más atractiva a la tecnología tradicional a medida que la tecnología se masifica y se reconocen sus beneficios. Si bien todavía existen desafíos, como la autonomía y el peso de la batería, los avances tecnológicos y las economías de escala están ayudando a superar estas limitaciones.

La transición a la electromovilidad implica una inversión inicial más alta, pero puede generar ahorros a largo plazo en los costos de combustible y mantenimiento. Además, que coadyuvaría en gran medida al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones. La tecnología de camiones eléctricos requiere de promover el desarrollo de servicios financieros inclusivos y actualizados al mundo digital, que impulsen la productividad y liberen el potencial de las empresas, así como un despliegue de infraestructura de carga y políticas gubernamentales dirigidas a incentivar su adopción.

Así mismo resulta necesario promover la vinculación microempresarios-academia-gobierno, para generar programas de capacitación teórica/práctica dirigida a técnicos y conductores.

## REFERENCIAS

- Base de Indicadores de Eficiencia Energética (2024). The Mexican Energy Efficiency Indicators Database (BIEE México). CONUEE. <https://www.biee-conuee.net/>.
- Comisión Nacional de Mejora Regulatoria (2023). Acuerdo por el que se expide la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica. <https://www.cofemersimr.gob.mx/portales/resumen/55366>. Fecha de consulta: 09 de noviembre de 2024.
- Danielis, R., Niazi, A. M. K., Scorrano, M., Masutti, M., & Awan, A. M. (2025). The Economic Feasibility of Battery Electric Trucks: A Review of the Total Cost of Ownership Estimates. *Energies*, 18(2), 429. <https://doi.org/10.3390/en18020429>
- Del Toro, E. (2024, 15 de octubre). México requiere mayor infraestructura de carga para vehículos eléctricos: especialistas. <https://t21.com.mx/mexico-requiere-mayor-infraestructura-de-carga-para-vehiculos-electricos-especialistas/>
- El Financiero (2022, 18 de mayo). Grupo Modelo hace historia con su primer camión de cama baja 100% eléctrico, <https://www.elfinanciero.com.mx/transporte-y-movilidad/2022/05/18/grupo-modelo-hace-historia-con-su-primer-camion-de-cama-baja-100-electrico/>
- Gutiérrez, J. (2025, 18 de abril). A mipymes, sólo 14% del crédito bancario enfocado a empresas. <https://www.jornada.com.mx/2025/04/18/economia/020n1eco>
- ITF (2025). Financing the Electrification of Heavy-Duty Vehicles, OECD Publishing, Paris

- Karlsson, J. y Grauers, A. (2023). Case Study of Cost-Effective Electrification of Long-Distance Line-Haul Trucks. *Energies*, 16, 2793. <https://doi.org/10.3390/en16062793>
- MegaFlux (2024). Camiones eléctricos para distribución urbana. Consultado el 22 de marzo de 2025. <https://www.megaflux.com/vehiculos-electricos/camiones-electricos-nuevos>
- Mohammed J y Villegas J (2023). Total impact of electric vehicle fleet adoption in the logistics industry. *Front. Sustain.* 4:1158993. doi: 10.3389/frsus.2023.1158993
- NACFE (2023). Guidance Report Executive Summary: Charging forward with electric trucks.
- Noll, B., Del Val, S., Schmidt, T., Steffen, B. (2022). Analyzing the competitiveness of low-carbon drive-technologies in road-freight: A total cost of ownership analysis in Europe. *Applied Energy*, Volume 306, Part B. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118079>.
- O'Connell, A., Pavlenko, N., Bieker, G., Searle, S. (2023). A comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of european heavy-duty vehicles and fuels. [https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/02/Lifecycle-assessment-EU-HDVs\\_final2.pdf](https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/02/Lifecycle-assessment-EU-HDVs_final2.pdf)
- Parviziomran, E. y Bergqvist, R. (2023). A cost analysis of decarbonizing the heavy-duty road transport sector. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 120. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103751>
- PROYECTOS MÉXICO (2025). Tasas de inflación históricas. Consultado el 15 de junio de 2025. [https://www.proyectosmexico.gob.mx/por-que-invertir-en-mexico/economia-solida/politica-monetaria/sd\\_tasas-de-inflacion-historicas/](https://www.proyectosmexico.gob.mx/por-que-invertir-en-mexico/economia-solida/politica-monetaria/sd_tasas-de-inflacion-historicas/)
- Rout, C., Li, H., Dupont, V., Wadud, Z. (2022). A comparative total cost of ownership analysis of heavy duty on-road and off-road vehicles powered by hydrogen, electricity, and diesel. *Heliyon*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12417>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales(2022).Contribución Determinada a nivel Nacional.Actualización 2022. [https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Mexico\\_NDC\\_UNFCCC\\_update2022\\_FINAL.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Mexico_NDC_UNFCCC_update2022_FINAL.pdf). Fecha de consulta: 12 de agosto de 2024.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2023). Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica. Dirección de Políticas de Mitigación al Cambio Climático. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832517/2.3.ENME.pdf>. Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2024.
- Sugihara, C., Hardman, S., Kurani, K. (2023). Social, technological, and economic barriers to heavy-duty truck electrification. *Research in Transportation Business & Management*, Volume 51, 2023,101064. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2023.101064>.
- Wang, Z., Acha, S., Bird, M., Sunny, N., Stettler, M., Wu, B., Shah, N. (2024). A total cost of ownership analysis of zero emission powertrain solutions for the heavy goods vehicle sector. *Journal of Cleaner Production*, Volume 434, 139910. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139910>.
- Zhao, P., Zhang, S., Santi, P. et al. (2024). Challenges and opportunities in truck electrification revealed by big operational data. *Nat. Energy* 9, 1427–1437. <https://doi.org/10.1038/s41560-024-01602-x>

## Sequía Hidrológica en Sinaloa por Bajos Niveles en Presas: tras Precipitaciones en 2025

Beltrán Álvarez Rigoberto<sup>1</sup>

Beltrán Lizárraga María Guadalupe<sup>1</sup>

Coautor Perpuli Ceseña Ariadna Colette<sup>2</sup>

Dagnino Olivas Amira del Carmen<sup>3</sup>

Escalante Ramírez Paulina<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n Centro, Mazatlán, Sinaloa  
<sup>1,2,3,4</sup> Tecnológico Nacional de México, ITES de Los Cabos, Boulevard Tecnológico de Los Cabos, Guaymitas, San José del Cabo, B.C.  
[rigobertobeltran51@hotmail.com](mailto:rigobertobeltran51@hotmail.com)

### RESUMEN

La escasez de lluvias en una zona específica produce sequías, que ocasionan diferentes impactos que modifican la economía y el orden social. Sinaloa ha vivido sequías de manera recurrente desde hace años, con consecuencias en la agricultura, ganadería, pesca y turismo, principales actividades en la región. El objetivo fue evaluar si las precipitaciones registradas en la temporada de lluvias (junio, julio y los primeros 18 días de agosto) de 2025 contribuyen a mitigar la sequía. La metodología empleada fue de corte cuantitativa y descriptiva. Se analizaron los datos diarios sobre el volumen de agua almacenada por presa y el total (Luis Donald Colosio, Gustavo Díaz Ordaz, Miguel Hidalgo y Costilla, José López Portillo, Eustaquio Buelna, Josefa Ortiz de Domínguez, Adolfo López Mateos, Aurelio Benassini Vizcaino, Guillermo Blake, Sanalona y Juan Guerrero Alcocer); así como los porcentajes medios por presa, obtenidos del boletín «Variación en el almacenamiento, aportes y extracciones de las principales presas de Sinaloa» de la Conagua (Conagua). Los datos se organizaron en una hoja de Excel para facilitar la construcción de gráficas, figuras y tablas.

Se encontró que las lluvias están ayudando en la recuperación de los volúmenes de agua en las presas, aunque en junio han sido poco significativos; se elevan en julio y de manera gradual se sigue incrementando hasta el 18 de agosto del 2025. La presa con mayor porcentaje alcanzado fue Aurelio Benassini Vizcaino, que llegó a 44.2%, y el volumen total almacenado en las once presas fue de 3,447.5 Mm<sup>3</sup>; esto representa un porcentaje promedio de 22.1%, lo que significa persistencia de la sequía. La información representa un avance de investigación, ya que, debido a que aún no concluye el periodo oficial de lluvias, no es posible saber si la sequía se mantendrá o será superada.

**Palabras clave:** Agua, Almacenamiento, Presas, Sinaloa, Sequía.

### ABSTRACT

The lack of rainfall in a specific area causes droughts, which have various impacts that alter the economy and social order. Sinaloa has experienced recurring droughts for years, with consequences for agriculture, livestock, fishing, and tourism, the main activities in the region. The objective was to assess whether the rainfall recorded during the rainy season

(June, July, and the first 18 days of August) of 2025 contributes to mitigating the drought. The methodology used was quantitative and descriptive. Daily data on the volume of water stored per dam and the total (Luis Donaldo Colosio, Gustavo Díaz Ordaz, Miguel Hidalgo y Costilla, José López Portillo, Eustaquio Buelna, Josefa Ortiz de Domínguez, Adolfo López Mateos, Aurelio Benassini Vizcaino, Guillermo Blake, Sanalona, and Juan Guerrero Alcocer), as well as the average percentages per dam, obtained from Conagua's bulletin "Variation in storage, inflows, and outflows of the main dams in Sinaloa." The data was organized in an Excel spreadsheet to facilitate the construction of graphs, figures, and tables. It was found that rainfall is helping to recover water volumes in the dams, although in June it has been insignificant; it rises in July and continues to increase gradually until August 18, 2025. The dam with the highest percentage reached was Aurelio Benassini Vizcaino, which reached 44.2%, and the total volume stored in the eleven dams was 3,447.5 Mm<sup>3</sup>; this represents an average percentage of 22.1%, which means that the drought persists. The information represents preliminary research, since the official rainy season has not yet ended, it is not possible to know whether the drought will continue or be overcome.

Keywords: Water, stored, dam Sinaloa, droughts.

## INTRODUCCIÓN

La infraestructura hidráulica de Sinaloa está compuesta por 12 presas de gran envergadura, 46 embalses menores, ocho Distritos de Riego y 49 Módulos de Riego {1}. La producción agropecuaria de Sinaloa depende fuertemente de la disponibilidad de agua en las presas; en consecuencia, su escasez relativa subraya la relevancia de la labor científica encaminada a

su investigación, reconociendo la naturaleza altamente variable de la precipitación, tanto en el espacio como en el tiempo {2}.

Las sequías hidrológicas se generan cuando el déficit de precipitación se alarga en el tiempo, y se combina con las demandas sociales de aguas superficiales y subterráneas, ocasionando una reducción importante en el suministro de agua de los ríos, lagos, presas de almacenamiento y acuíferos {3}.

La sequía puede considerarse como una anomalía que se particulariza por una escasez de agua cuando este suceso se compara con la tendencia normalizada de precipitación y captación en un lapso {4}{5}. Esta se puede caracterizar, de acuerdo con su temporalidad, de la siguiente manera: anormalmente seco (1 a 3 años), moderada (4 a 5 años), severa (6 a 10 años), extrema (11 a 20 años) y excepcional (21 a 50 años) {6}. Se propaga de forma irregular por el tiempo y el espacio, lo que hace que la cantidad de agua disponible no sea suficiente para cubrir las variadas necesidades humanas y de los ecosistemas {3}. El Monitor de Sequía en México {7} clasifica la Intensidad de la sequía en: anormalmente seco (D0), sequía moderada (D1), sequía severa (D2), sequía extrema (D3) y sequía excepcional (D4).

En México, las sequías representan una amenaza para la seguridad hídrica y alimentaria, esto ha quedado de manifiesto durante las sequías registradas a través de su historia, como sucedió en el período de 2011-2013, el cual ha sido evaluado como el más severo de los últimos setenta años debido a sus efectos negativos en los diversos sectores socioeconómicos {8}{9} {10}.

En los años 2023 y 2024, el acumulado del

agua de lluvias fue de 464 mm y 516.2 mm, respectivamente, lo cual muestra un déficit de 236mm en el primer año y 183mm en el segundo, comparado con el promedio histórico de 700 mm. A inicio del 2025, el territorio sinaloense siguió afectado por la sequía de severa a extrema {11}. La escasa ocurrencia de lluvia propició que este fenómeno meteorológico continuara hasta el 18 del mes de agosto. El objetivo del presente estudio fue evaluar si las precipitaciones registradas en lo que va de la temporada de lluvias del 2025 en Sinaloa están ayudando a superar la sequía.

## METODOLOGÍA

Con el objetivo de saber si las precipitaciones registradas en lo que va del período de lluvias del 2025 están ayudando a atenuar la sequía, se seleccionaron los datos de los meses de junio por ser el que marca el fin de la temporada de estiaje e inicio de las lluvias, julio y los primeros 18 días de agosto del 2025, los cuales se obtuvieron del boletín "Variación en el almacenamiento, aportaciones y extracciones de las principales presas de Sinaloa" de la Conagua {15}. Se analizaron los datos diarios de volumen de agua almacenada por presa y total (suma de los volúmenes de once de las 13 existentes en Sinaloa), porcentajes por presa y promedio (promedio de los porcentajes de cada presa). Los datos se organizaron en una hoja de Excel para facilitar la construcción de gráficas, figuras y tablas que ayudaron a explicar hasta dónde las lluvias están ayudando en la recuperación de los volúmenes de agua de las presas.

## RESULTADOS

### Comportamiento de las aportaciones

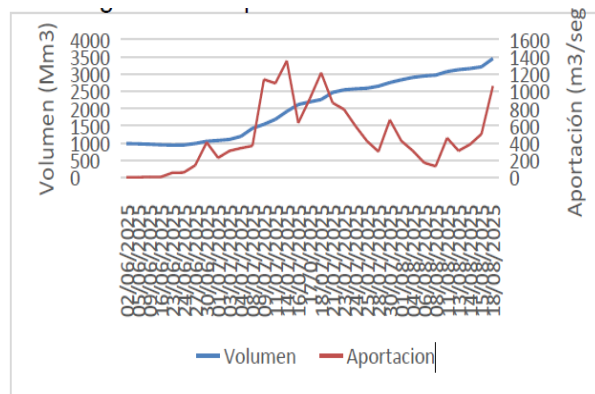
Las aportaciones son las entradas de agua a las presas, lo cual se expresa en metros cúbicos/segundo (m<sup>3</sup>/s); en los primeros días de junio

eran imperceptibles, de tal manera que al día 20/06/2025 solo recibían un total de 5 m<sup>3</sup>/s (Figura 1). Para el día 23, las aportaciones se incrementan a 53.5 m<sup>3</sup> /s haciéndose evidente el inicio del periodo las lluvias. En los siguientes días del mismo mes, las entradas de agua siguen aumentando a tal grado que, para el día 27, se eleva a 406.1 m<sup>3</sup>/s. Julio inicia con aportaciones de 308.1 m<sup>3</sup>/s, las cuales aumentan a más de 1000 m<sup>3</sup>/s los siguientes tres días, como evidencia de una elevación en la incidencia de la lluvia. El resto del mes las aportaciones disminuyen a 241.9 m<sup>3</sup>/s, su nivel más bajo. Agosto es considerado como el más lluvioso en Sinaloa; en su primer día, las presas reciben 423.6 m<sup>3</sup>/s y disminuye a 129.4 m<sup>3</sup>/s el día 8. De esta fecha en adelante, el incremento en las aportaciones es gradual, para culminar el día 18 cuando llega a 1059.7 m<sup>3</sup>/s. No se habla de las extracciones debido a que las compuertas de todas las presas permanecieron cerradas durante el periodo de tiempo analizado.

Comportamiento del volumen total de agua almacenada. A principios de junio, las presas contaban con un volumen total de agua almacenada de 981.8 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>). Como resultado del inicio de las lluvias y el incremento de las aportaciones de agua, para fines del mes, este valor se incrementa hasta 1,047.6 Mm<sup>3</sup>. Julio inicia con 1,071.4 Mm<sup>3</sup> y al final llega a acumular 2795.9 Mm<sup>3</sup>, lo que significa que las presas recibieron, en ese mes, 1,724.5 Mm<sup>3</sup>.

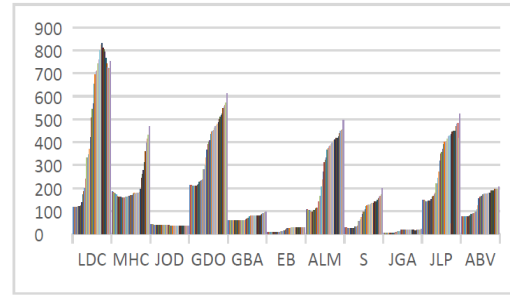
En agosto disminuye el incremento de los volúmenes de agua a las distintas presas; inician con 2,830.8 Mm<sup>3</sup> y al día 18 se registra 3447.5 Mm<sup>3</sup>; el incremento en los primeros 18 días fue de 650.6 Mm<sup>3</sup> (Figura 1).

**Figura 1. Comportamiento del volumen total de agua almacenada y las aportaciones a las presas de Sinaloa.**



**Comportamiento del volumen de agua almacenada por presa**

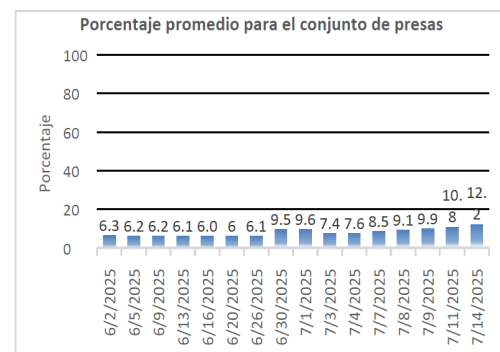
Del volumen total de 981.8 Mm3 con el que inician en junio, las que más agua contenían son Gustavo Díaz Ordaz (GDO) (211.5 Mm3), Miguel Hidalgo y Costilla (MHC) (185.7 Mm3) y José López Portillo (JLP) (147.6 Mm3); al final del mes se elevan a 226.3 Mm3, 157.9 Mm3 y 159.5 Mm3, respectivamente. Por otro lado, las presas que menos agua contenían fueron Eustaquio Buelna (EB) (7.4 Mm3) y Josefa Ortiz de Domínguez (JOD) (41.2 Mm3); estos reservorios de agua no modificaron sustancialmente sus volúmenes almacenados; incluso, como sucedió con la presa Eustaquio Buelna, se reduce ligeramente de 7.4 a 6.3 Mm3. A fines de julio, las presas registran importantes elevaciones en su volumen de agua; de los 2795.9 Mm3 acumulados, la que más agua recibió fue Luis Donaldo Colosio (LDC), al contar con 824.9 Mm3, seguida de la Gustavo Díaz Ordaz, que alcanzó 479.3 Mm3. Con 405.6 Mm3, la Adolfo López Mateos ocupa el tercer sitio en almacenamiento. Al día 18 de agosto, las presas con mayor cantidad de agua almacenada son: Luis Donaldo Colosio (752.3 Mm3), Gustavo Díaz Ordaz (612.2 Mm3) y con 523.1 Mm3, José López Portillo (Figura 2).



**Figura 2. Volúmenes de agua almacenada en las presas de Sinaloa.**

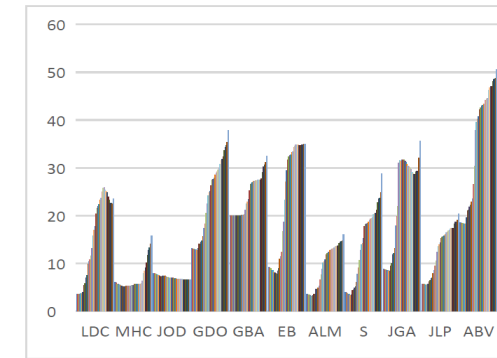
**Comportamiento de los porcentajes promedios**

Durante junio, los porcentajes promedios de los almacenamientos en las distintas presas fueron de los más bajos ya que se mantuvieron alrededor de 6% prácticamente todo el mes. A finales de este mismo, como resultado del inicio de las lluvias en el estado, empieza el proceso de recuperación, lo cual se evidencia por el incremento en los porcentajes promedios que se eleva a 9.5%. Incrementos graduales se siguen presentando durante julio, de tal manera que, de 9.5% al inicio, al final del mes se han incrementado a 17.9%. En agosto se siguen recibiendo precipitaciones, por lo que las presas incrementan sus porcentajes promedios a tal grado que, de los 17.9% con los que cerró julio, en los 18 días de agosto se eleva a 22.1% (Figura 3). El mes en el cual se registró el mayor incremento en los porcentajes promedios fue junio con 8.3%; julio 3.5% y agosto 4%.



**Figura 3. Porcentajes promedios en las presas de Sinaloa.**

Porcentaje de almacenamiento por presa Todas las presas se encontraban en sus niveles más bajos en junio, justo cuando termina la temporada de estiaje e inicia la de lluvias. Una vez que llegan las primeras lluvias, a fines de junio, empieza el proceso de recuperación de los niveles de agua en las presas (Figura 4).



**Figura 4. Porcentajes de almacenamiento por cada presa de Sinaloa. Anexo 4.**

No obstante en este mes, Luis Donaldo Colosio y Miguel Hidalgo y Costilla se mantenían en un periodo crítico por falta de agua, lo cual se constata por los porcentajes de su capacidad de conservación de alrededor del 3% la primera y del 5% la segunda. Al día 18 de agosto elevan sus porcentajes a 23.5% y 15.7%, respectivamente. La presa Gustavo Díaz Ordaz inicia junio con un promedio de almacenamiento de 13.1%, con un incremento gradual que llega al 37.8% el día 18 de agosto. La presa Agustina Ortiz de Domínguez es la que menos signos de recuperación ha mostrado; inicia junio con un porcentaje de 7.9%, el cual, no obstante haber recibido precipitaciones en la región, desciende con el paso de los días a tal grado que al día 18 de agosto, su porcentaje se mantuvo en 6.5%. La Adolfo López Mateos, por su parte, inicia el periodo de lluvias con un porcentaje de 3.5%, el cual se incrementa a 13% durante julio y, en los días transcurridos de agosto, se eleva a 16%. Tanto Josefa Ortiz

como Miguel Hidalgo son las que menos signos de recuperación han mostrado. En contra parte, Aurelio Benassini Vizcaino llega a 50.6% el día 18 de agosto de 2025, por lo cual es la única presa en haber alcanzado a la mitad de su capacidad de conservación. Las presas son importantes reservorios de agua que ayudan particularmente en zonas donde las lluvias son estacionales y de baja intensidad. La fluctuación en sus niveles de almacenamiento es un indicador de sequía hidrológica {13}. Lobato-Sánchez (2016){14} señala que cuando el almacenamiento es menor al 25 por ciento de su capacidad útil, la seriedad de la sequía es crítica. De igual manera, el déficit de lluvias registrado en la región proporciona una idea de que no han sido lo suficientemente abundantes para superar la sequía.

La presencia de lluvias en las cuencas de captación de los ríos que drenan sus aguas hacia las distintas presas del territorio sinaloense se vio reflejada en el volumen de agua almacenado y en el porcentaje promedio de las presas, de tal manera que al 18 de agosto del 2025 se sumaron 3447.5 Mm3, lo que representa el 22.1% de porcentaje promedio. En este caso, el acumulado de lluvias al mes de julio del 2025 se cuantifica 359.5 mm; comparado con el promedio anual de 700 mm {15}, se constata un déficit de 340.5 mm. Ambos datos son indicadores de que no se supera la sequía en su totalidad, hecho que establece el Monitor de Sequía en México al señalar que al día 15 de agosto del 2025, Sinaloa contaba con 10 municipios en la categoría de sequía D0 (anormalmente seco) y dos en la categoría D1 (sequía moderada). Sin embargo, la temporada de lluvias le restan 13 días de agosto, septiembre y octubre, lo que brinda esperanzas de que la sequía sea superada en su totalidad una vez concluida temporada de lluvias.

## CONCLUSIONES

Al día 18 de agosto del 2025, la sequía no se ha superado en la totalidad en el territorio de Sinaloa. Sin embargo, la temporada de lluvias no ha terminado, por lo que se espera que mejore la recuperación de las presas y se supere totalmente esta condición climatológica.

Evidencia empírica aportada y, a partir de ello, presentar la prospectiva que el investigador contribuye desde su propia reflexión.

## REFERENCIAS

- {1} Mancera, G. O. (2023). Las codependencias de la agroindustria en Sinaloa, México. *Perfiles Latinoamericanos*, 31(61). <http://dx.doi.org/10.18504/pl3161-006-2023>
- {2} Gobierno de Sinaloa. (2016). Plan estatal de cambio climático. <https://bit.ly/46Jo2lc>
- {3} Ortega-Gaucin, D. (2025). Sequía: elementos para la comprensión y gestión de un fenómeno global. *Aqua-LAC*, 17 (1) <http://doi.10.29104/phi-aqualac/2025-v17-1-01>
- {4} Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2006). Inundaciones y desarrollo sostenible. *Boletín de la OMM*, 55(3), 2027p.
- {5} Cantú-Martínez, P. C. (2023). Agua, sequía y cambio climático. *Revista Ciencia UANL*, 25(116), 65–77. <https://cienciauanl.uanl.mx/ojs/index.php/revista/article/view/301>
- {6} Comisión Nacional del Agua [Conagua]. (2022). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Programa Institucional 2021-2024. Avances y resultados, 66p.
- {7} Comisión Nacional del Agua [Conagua]. (2023e3). Categorías de sequía. Clasificación de la intensidad de sequía. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/>
- {8} Ortega-Gaucin, D., & Velasco, I. (2013). Aspectos Socioeconómicos y ambientales de las Sequías en México. *Aqua-LAC*, 5(2), 78–90. <https://doi.org/10.29104/phiaqualac/2013-v5-2-08>
- {9} Domínguez, J. (2016). Revisión histórica de las sequías en México: de la explicación divina a la incorporación de la ciencia. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 7(5), 77–93. <https://www.revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/1272>
- {10} Comisión Nacional del Agua [Conagua]. (2023). Estadísticas del agua en México. [https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/Des\\_cargas/pdf/EAM2023\\_f.pdf](https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/Des_cargas/pdf/EAM2023_f.pdf)
- {11} Monitor de sequía en México (2025). Conagua. México.
- {12} Comisión Nacional del Agua [Conagua]. (2025). Boletín sobre la variación en el almacenamiento, aportaciones y extracciones de las principales presas de Sinaloa. Conagua.
- {13} Morales, D. L. (2019). Análisis hidrológico para determinar la severidad de las sequías en presas de México. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- {14} Lobato-Sánchez, R. (septiembreoctubre, 2016). El monitor de la sequía en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(5), 197–211.
- {15} Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2019). Cuenca hidrológica Sinaloa ND 27: humedales: informe técnico. INEGI. México.

## Análisis de las Condiciones de Crecimiento de Películas Delgadas de $V_xO_y$ Depositadas por Sputtering Reactivo

Chi Peña Esteban Isaac  
Loeza Poot Mariely Isabel  
Mis Fernández Ricardo Javier  
Meneses Rodríguez David  
Flores Cuevas Eduardo Ernesto

Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. Carretera Antigua a Progreso Km. 6, A.P. 73 Cordemex 97310 Mérida, Yucatán, México.  
[mariely.loeza@cinvestav](mailto:mariely.loeza@cinvestav)

## RESUMEN

El vanadio es un elemento químico que al combinarse con el oxígeno puede formar una variedad de óxidos ( $V_xO_y$ ), los cuales dependiendo de su estequiometría pueden ser aplicados en diversas áreas. Sin embargo, durante la síntesis del material se requiere de un control estricto en las condiciones experimentales con el fin de obtener la fase deseada. Por lo tanto, en este trabajo se sintetizaron películas delgadas de  $V_xO_y$  mediante la técnica de magnetron DC-Sputtering reactivo, analizando los efectos que produce la variación de la presión parcial de oxígeno, la temperatura del sustrato y la potencia del Sputtering en las propiedades fisicoquímicas del material obtenido.

**Palabras clave:** Semiconductores, material amorfo, DC-Sputtering, películas delgadas

## ABSTRACT

Vanadium is a chemical element that, when combined with oxygen, can form a variety of oxides ( $V_xO_y$ ). Depending on their stoichiometry, these oxides can be applied in a variety of areas. However, during the synthesis of the material, precise control of the experimental conditions is required to obtain

the desired phase. In this work,  $V_xO_y$  thin films were synthesized using the magnetron DC sputtering technique. The effects produced by variations in oxygen partial pressure, substrate temperature, and sputtering power on the physicochemical properties of the obtained material.

**Keywords** Semiconductors, amorphous material, thin films, DC-Sputtering

## INTRODUCCIÓN

El vanadio es un elemento de transición que presenta una notable capacidad para formar óxidos con diferentes estados de oxidación, lo que da lugar a una amplia familia de compuestos con propiedades físicas, químicas y electrónicas diversas. En el sistema binario V–O se han identificado más de veinte fases de óxidos de vanadio ( $V_xO_y$ ), cada una con estructuras cristalinas, colores y comportamientos eléctricos característicos, que van desde conductores metálicos hasta aislantes con fuerte correlación electrónica. Esta versatilidad convierte a los óxidos de vanadio en materiales de gran interés para aplicaciones tecnológicas en fotocatalisis, conmutadores ópticos, sensores, memorias resistivas y celdas solares, entre otros. No obstante, la obtención de una fase específica

de  $V_xO_y$  requiere un control sumamente preciso de las condiciones de síntesis, ya que pequeñas variaciones en la presión parcial de oxígeno, la temperatura o la potencia de depósito pueden modificar drásticamente la estequiometría del material y, por consiguiente, sus propiedades funcionales (Shibuya & Sawa, 2015). En este trabajo se sintetizaron películas delgadas de óxidos de vanadio mediante la técnica de DC-sputtering reactivo sobre sustratos de vidrio, utilizando un blanco metálico de vanadio de 2 pulgadas de diámetro. Se analizaron sistemáticamente los efectos de la presión parcial de oxígeno, la temperatura del sustrato y la potencia aplicada durante el depósito en las propiedades estructurales y ópticas de las películas resultantes.

## ANTECEDENTES

Los óxidos de vanadio ( $VxOy$ ) constituyen una familia de compuestos con una amplia diversidad estructural y funcional, derivada de los múltiples estados de oxidación del vanadio (+2 a +5). En el sistema binario V-O se han identificado más de veinte fases estables y metaestables con propiedades que varían desde el comportamiento metálico hasta el aislante. Entre ellas, el dióxido de vanadio ( $VO_2$ ) destaca por su transición metal-aislante cercana a 68 °C, la cual ha sido ampliamente estudiada para aplicaciones en conmutadores ópticos, ventanas inteligentes y sensores térmicos (Shibuya & Sawa, 2015; Xu et al., 2020). Sin embargo, el control preciso de una fase específica depende de las condiciones de depósito, tales como la presión parcial de oxígeno, la potencia de descarga y la temperatura del sustrato, que determinan directamente la estequiometría y estructura del material. Se han hecho investigaciones que sugieren que es posible mejorar la estabilidad térmica y las propiedades termocrómicas de las películas delgadas de  $V_xO_y$  mediante la

deposición a temperatura ambiente (Zhan et al., 2019); de igual forma, se ha encontrado que la oxidación y los tratamientos térmicos posteriores influyen significativamente en la calidad cristalina de las fases formadas (Xu et al., 2020). Asimismo, la espectroscopía Raman se ha alzado como una herramienta sensible para identificar las distintas fases de los óxidos de vanadio, así como mezclas o transiciones entre ellas, gracias a la respuesta vibracional de los enlaces V-O (Shvets et al., 2019). En particular, las fases amorfas de los óxidos de vanadio han cobrado relevancia debido a su estructura desordenada y a la presencia de vacancias de oxígeno, que modifican su conductividad eléctrica, su brecha óptica y su estabilidad térmica. Por otro lado, se ha reportado en la literatura que películas amorfas de  $V_xO_y$  ( $a-V_xO_y$ ), especialmente de  $V_2O_5$ , pueden obtenerse mediante técnicas de RF o DC magnetron sputtering, presentando una notable respuesta fotoconductor y potencial para sensores y dispositivos optoelectrónicos flexibles. También se ha evidenciado que, al incrementar la temperatura durante tratamientos térmicos, estas fases pueden transformarse gradualmente en estructuras cristalinas más estables, debido a la reorganización progresiva de los enlaces V-O antes mencionados (Plugaru et al., 2023). Finalmente, estudios recientes han mostrado que la incorporación de elementos o aditivos, como el carbono, en matrices de  $V_2O_5$  mejora su estabilidad térmica y conductividad eléctrica, ampliando su aplicabilidad en materiales compuestos para almacenamiento de energía y detección de gases (Jeidi et al., 2021). En conjunto, estos resultados confirman que el control de las condiciones de síntesis y postratamiento es esencial para definir la estructura, la composición y las propiedades funcionales de las películas delgadas de  $V_xO_y$ , tanto en sus fases cristalinas como amorfas.

## METODOLOGÍA

Este trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Conversión de Energía y Fotogeneración de H<sub>2</sub>, perteneciente al Departamento de Física Aplicada del Cinvestav Unidad Mérida. Se planteó con el objetivo de estudiar los efectos que producen las condiciones de depósito y los tratamientos posteriores en las propiedades fisicoquímicas de las películas delgadas del óxido de vanadio. Esto con el fin de determinar las condiciones experimentales mediante las cuáles sea posible obtener una fase determinada. Para llevar a cabo lo anterior, el trabajo se dividió en tres etapas:

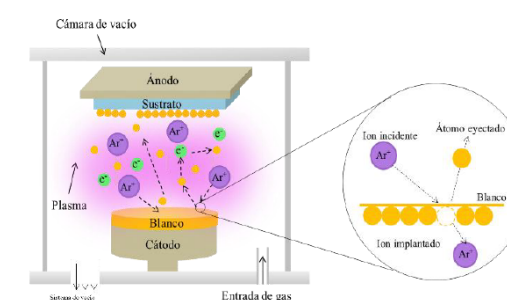
- Etapa 1. Efectos de la presión parcial de oxígeno.
- Etapa 2. Efectos de la potencia y la temperatura del sustrato.
- Etapa 3. Efectos del tratamiento térmico.

A continuación, se describen cada uno de los materiales, métodos, técnicas de caracterización y equipos utilizados en el estudio.

### Depósito de películas delgadas de $V_xO_y$

Las películas delgas de  $V_xO_y$  se depositaron mediante la técnica de erosión catódica o Sputtering, la cual se clasifica dentro de las técnicas de depósito físico donde los átomos de la superficie de un material (blanco) son expulsados físicamente mediante la transferencia de momento producida al bombardear el blanco con partículas energéticas. Dichas partículas son iones acelerados mediante una diferencia de potencial que se genera entre los electrodos dando lugar a la formación de un plasma (gas ionizado). Los iones generados golpean el blanco provocando la expulsión de átomos de su superficie. Las especies eyectadas viajan hacia el sustrato y se adhieren a él para dar

lugar a la formación de la película delgada. En la Figura 1 se presenta un bosquejo del principio básico de funcionamiento de la técnica de Sputtering. Cabe señalar que dichos procesos se llevan a cabo dentro de una cámara de vacío y esta técnica es ampliamente utilizada en la fabricación de películas delgadas de diversos materiales, esto debido a la posibilidad de obtener materiales homogéneos, con alta adherencia, una alta reproducibilidad del proceso y un amplio control de las condiciones de síntesis.



**Figura 1. Diagrama esquemático de la técnica de depósito de Sputtering.**

Las películas delgadas de  $V_xO_y$  se depositaron sobre sustratos de vidrio Corning® de 1x1 in<sup>2</sup>. Previo al depósito, los sustratos fueron sometidos a un proceso de limpieza con el fin de eliminar partículas de polvo y grasa que pudieran contener y de esta forma asegurar un correcto recubrimiento. La limpieza consistió en lavados sucesivos de los sustratos dentro de diversas soluciones (agua jabonosa, agua destilada, acetona y metanol), los cuales se llevaron a cabo dentro de un baño ultrasónico cada uno con una duración de 10 min, después de cada proceso los sustratos fueron enjuagados con agua destilada e introducidos a la solución siguiente. Al finalizar, los vidrios se enjuagaron con abundante agua y se secaron con aire comprimido. En la Tabla 1 se resumen los detalles de los materiales utilizados en el depósito por DC-Sputtering.

**Tabla 1. Materiales utilizados en el depósito por DC-sputtering**

Elemento	Marca	Dimensión
Blanco	Kurt J Lesker	Diámetro = 2 in Pureza = 99.99%
Gas Ar y O <sub>2</sub>	Infra	Pureza = 99.99%
Presión base	---	1 × 10 <sup>-5</sup> Torr
Sustratos	Corning	1 × 1 in <sup>2</sup>
Distancia blanco-sustrato	---	5 cm
Tiempo	---	15 min

Para llevar a cabo el depósito, primeramente, se evacuó la cámara de vacío hasta una presión base de 1×10<sup>-5</sup> Torr. Posteriormente, se ajustó la temperatura del sustrato y luego, se introdujo una atmósfera reactiva conformada por una mezcla de gases Ar+O<sub>2</sub> hasta alcanzar una presión de trabajo de 10 mTorr, ajustando la presión parcial de oxígeno (PPO<sub>2</sub>). Por último, con ayuda de una fuente de corriente directa (DC) suministro una determinada potencia de Sputtering, con el fin de generar el plasma y llevar a cabo la formación de la película delgada. El depósito se realizó por 15 minutos.

En el depósito por Sputtering existen diversos factores que pueden influir en las propiedades del material obtenido, entre ellos se pueden mencionar la composición de la atmósfera, la potencia y la temperatura del sustrato. En el primer caso, cuando se trabaja en sputtering reactivo la proporción de los gases utilizados puede influir en la estequiometría del material obtenido. Por otro lado, el aumento en la potencia de sputtering produciría que una

mayor cantidad de átomos sean expulsados de la superficie del blanco. Mientras que, el incremento en la temperatura del sustrato podría influir en la obtención de materiales con una mejor cristalinidad al proveer de mayor energía a los átomos que llegan a la superficie del blanco. Es por ello, que en este trabajo se analizó el efecto de estos tres parámetros, los detalles utilizados en cada uno de ellos se describen a continuación.

**Etapa 1. Efectos de la presión parcial de oxígeno.**

En la primera parte del trabajo se analizaron los efectos de la presión parcial de oxígeno (PPO<sub>2</sub>), para lo cual se depositaron 3 muestras manteniendo la temperatura del sustrato en temperatura ambiente (TA) y la potencia en 75 W. La nomenclatura de las películas resultantes se resume en la Tabla 2.

**Tabla 2. Nomenclatura de las muestras obtenidas en la etapa 1.**

Muestra	PPO <sub>2</sub> (%)
V0	0
V3	3
V25	25

**Etapa 2. Efectos de la potencia y la temperatura del sustrato.**

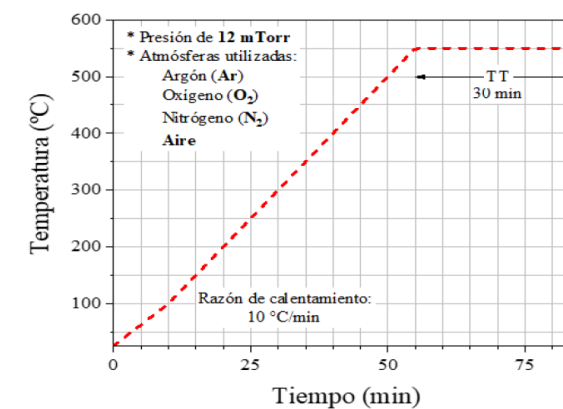
En esta etapa se sintetizaron 6 muestras en las cuales se analizaron los efectos de la potencia y la temperatura del sustrato (TS), manteniendo una PPO<sub>2</sub> al 3%. La Tabla 3 presenta la nomenclatura utilizada en cada caso.

**Tabla 3. Nomenclatura de las muestras analizadas en la etapa 2**

TS (°C)		
Potencia (W)	TA	300
75	VA-75	V3-75
85	VA-85	V3-85
95	VA-95	V3-95

**Etapa 3. Efectos del tratamiento térmico (TT) posterior.**

Con los resultados obtenidos en las dos etapas previas, se determinó que la modulación de las propiedades puede ser más controlada a bajas PPO<sub>2</sub>. Por lo tanto, se depositaron películas delgadas a 100 W de potencia y una PPO<sub>2</sub> del 2%, usando una temperatura del sustrato de TA y 500 °C. Posterior al depósito se realizaron tratamientos térmicos en un horno tubular a 550 °C por 30 min, usando diferentes atmósferas. La rampa de calentamiento y la nomenclatura de las muestras analizadas se presentan en la Figura 2 y la Tabla 4, respectivamente.



**Figura 2. Rampa de calentamiento para el tratamiento térmico del V<sub>x</sub>O<sub>y</sub>.**

**Tabla 4. Nomenclatura de las muestras utilizadas en la etapa 3.**

Atmósfera	TA	500
Ar	VA-Ar	V5-Ar
O <sub>2</sub>	VA-O <sub>2</sub>	V5-O <sub>2</sub>
N <sub>2</sub>	VA-N <sub>2</sub>	V5-N <sub>2</sub>
Aire	VA-Aire	V5-Aire

**Caracterización de las películas de V<sub>x</sub>O<sub>y</sub>.** Las propiedades ópticas, estructurales y morfológicas de las películas de V<sub>x</sub>O<sub>y</sub> obtenidas en este trabajo se analizaron mediante las siguientes técnicas de caracterización:

- **Caracterización óptica:**

Espectroscopia UV-Vis obtenida en el equipo AEUV 1608.

- **Caracterización estructural:**

Difracción de rayos X (DRX), usando un difractor Siemens D-5000. Este equipo cuenta con una fuente de radiación monocromática de Cuka (λ = 1.54056 Å) a 35 kV y 25 mA. Las mediciones se realizaron en la configuración de haz rasante con un ángulo de inclinación de 2°, haciendo un barrido de 2Theta en un rango de 10° a 70°, con una velocidad de paso de 0.02° cada 3 segundos. Espectroscopia Raman, para ello se utilizó el equipo Avantec.

**RESULTADOS**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos y su discusión para cada una de las etapas en las cuales se dividió el trabajo.

- **Etapa 1. Efectos de la presión parcial de oxígeno.**

Las propiedades ópticas y estructurales de las muestras de V<sub>x</sub>O<sub>y</sub> depositadas con 0, 3 y 25 % de PPO<sub>2</sub> (V0, V3 y V25) son presentadas en esta

sección. Los espectros de transmitancia óptica se obtuvieron en un rango de longitud de onda de 250 a 1100 nm y se presentan en la Figura 3. Se puede observar que el incremento de la PPO<sub>2</sub> de 3 a 25 % produce un ligero aumento en la transmitancia óptica en la región del espectro comprendida entre 400 y 700 nm. Cabe resaltar que en dicha región se pueden apreciar dos bordes de absorción, lo que nos indica la posible presencia de distintas fases secundarias en la película. Dando lugar a dos regiones de band gap (calculado por el método de Tauc) cuyos valores oscilan entre 2.4 y 3.3 eV. La figura insertada exhibe los valores de la transmitancia promedio y el espesor de las películas, los cuales presentan una tendencia a disminuir conforme se incrementa la PPO<sub>2</sub>.

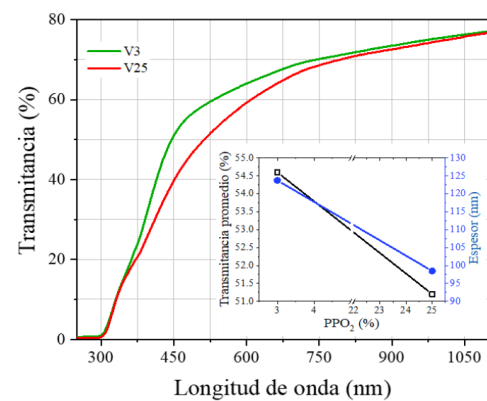


Figura 3. Espectros de transmitancia de las muestras V3 y V25, y tendencia en la transmitancia promedio y el espesor (figura insertada).

Los difractogramas de rayos X se muestran en la Figura 4 e indican que las películas obtenidas presentan en su mayoría un carácter amorfo (a-V<sub>x</sub>O<sub>y</sub>), puesto que no se tienen picos de difracción bien definidos; sin embargo, en la figura se colocaron las posiciones de los posibles picos que pudieran estar presentes y se atribuyen al VO<sub>2</sub> en su fase tetragonal (JCPDS # 042-0876), el V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tetragonal (JCPDS # 041-1426) y el V<sub>6</sub>O<sub>13</sub> monoclinico (JCPDS # 071-0297).

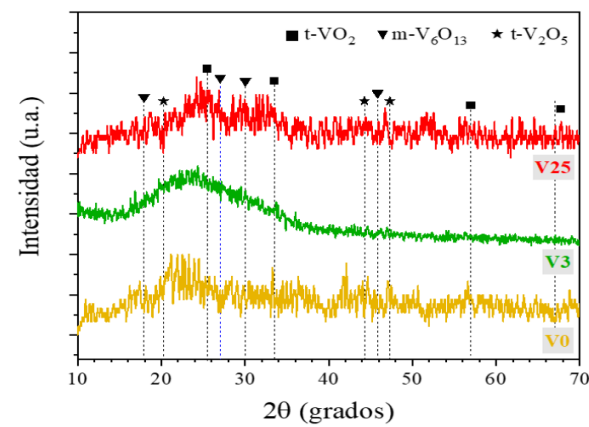


Figura 4. Difractogramas de rayos X de las muestras V0, V3 y V25.

• **Etap 2. Efectos de la potencia y la temperatura del sustrato.**

De los resultados obtenidos en la sección anterior, se pudo concluir que sin importar la PPO<sub>2</sub> utilizada, las muestras obtenidas son amorfas, por lo que es posible que se necesite proveer de energía a los átomos que llegan a la superficie del sustrato. Por lo tanto, en esta segunda etapa se decidió monitorear los efectos que produce la potencia del sputtering (75, 85, 95 W) y la TS (TA y 300 °C), manteniendo una PPO<sub>2</sub> de 3 %. En total se depositaron 6 muestras las cuales fueron analizadas óptica y estructuralmente. En la Figura 5a se muestran los espectros de transmitancia óptica, la cual se encuentra alrededor del 50 % para longitudes de onda mayores a 450 nm. Nuevamente, es posible observar que existen dos bordes de absorción entre 300 y 450 nm, los cuales presentan un corrimiento hacia longitudes de onda largas a medida que la potencia de Sputtering incrementa, esto independiente de la TS utilizada. Lo anterior produce que existan una disminución en los valores del band gap entre 3.4 y 3.1 eV para el caso de las muestras depositadas a TA. La variación en los valores del band gap y la presencia de dos bordes de absorción indican cambios en la estequiometría del material, y que una mayor

cantidad de átomos de vanadio están llegando a la superficie del sustrato para dar paso a la formación de la película delgada. Cuando se incrementa la TS de TA a 300 °C la variación en el band gap es menos notorio, lo que podría indicar que el incremento de la TS genera cierta estabilidad en el material depositado. Por otra parte, en la Figura 5b se presenta la variación del espesor del V<sub>x</sub>O<sub>y</sub> en función de la potencia de sputtering y la TS. Se puede notar que, al incrementar la temperatura, se produce una disminución del espesor, registrando valores entre 50 y 120 nm, aproximadamente. Lo anterior podría estar relacionado con el hecho de que al poseer una cierta temperatura el sustrato, esto genera que las partículas sean más energéticas para localizarse en una correcta posición.

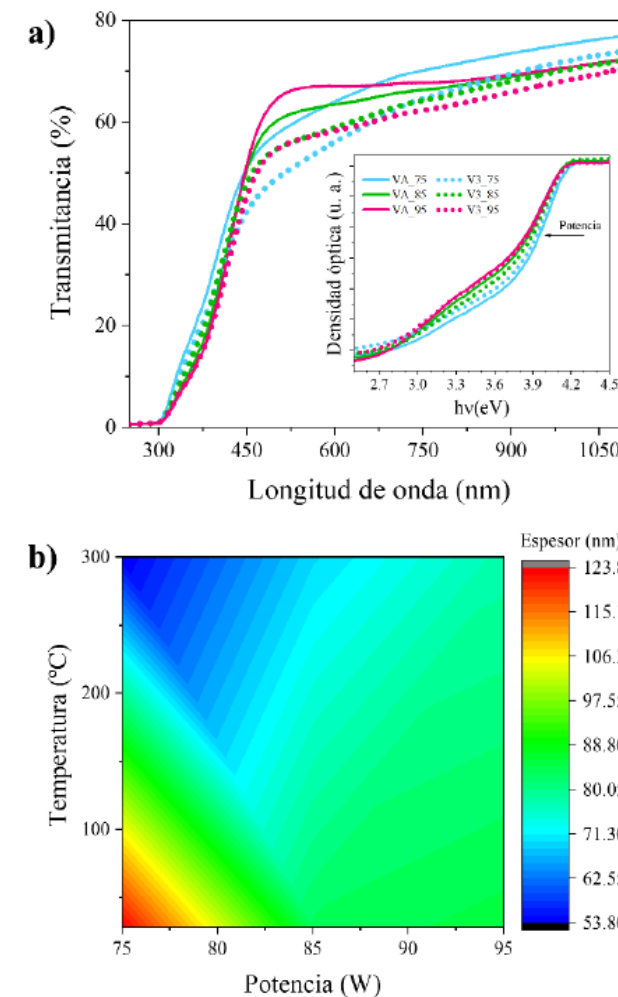


Figura 5. a) Espectros de transmitancia óptica y b) variación del espesor de las muestras de V<sub>x</sub>O<sub>y</sub> depositadas con diferentes PPO<sub>2</sub> y TS.

En cuanto a las propiedades estructurales, la Figura 6 presenta los patrones de difracción de las muestras del V<sub>x</sub>O<sub>y</sub>. Se puede apreciar que no existen picos de difracción bien definidos a pasar del incremento de la temperatura, muy similar a los resultados obtenidos en la Figura 4. El incremento en la TS produce la aparición de pequeños picos correspondientes a la fase tetragonal del V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (JCPDS # 041-1426), que es la fase más estable en los V<sub>x</sub>O<sub>y</sub>. Así mismo, se tiene la presencia de otras fases adicionales, entre las que se puede mencionar al V<sub>6</sub>O<sub>13</sub>, VO<sub>2</sub> y V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Sin embargo, los materiales obtenidos se pueden seguir clasificando como amorfos, dado que no se cuentan con la presencia de picos bien definidos.

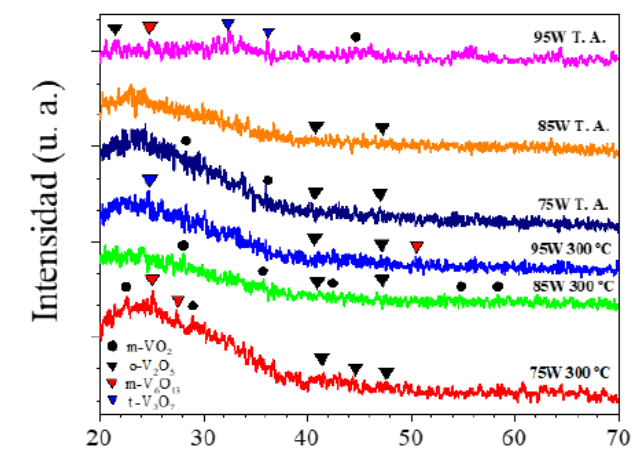
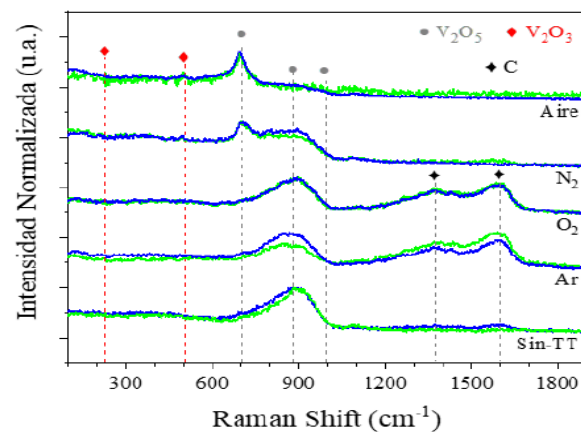


Figura 6. Difracción de rayos X de las muestras analizadas en la etapa 2.

• **Etap 3. Efectos del tratamiento térmico (TT) posterior.**

En las secciones previas se han analizado los efectos de la temperatura, la potencia y la PPO<sub>2</sub> en las propiedades de los óxidos de vanadio; sin embargo, los resultados

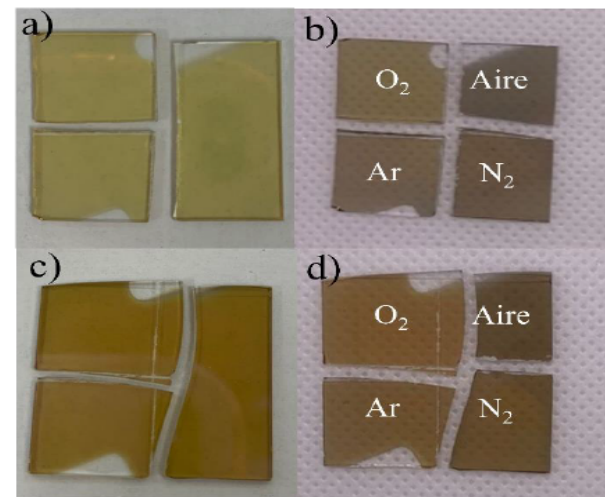
obtenidos han demostrado la formación de materiales amorfos a pesar de que se realice el depósito calentando el sustrato hasta 300°C. En la literatura, se tienen reportado valores de temperatura entre los 400 y 600 °C para la formación de la fase VO<sub>2</sub>, una de las cuales se les ha prestado mayor atención dado su aplicación en dispositivos termoeléctricos y ventanas inteligentes. Por tanto, en esta sección se ha decidido analizar los efectos del tratamiento térmico (TT) posterior. El análisis por espectroscopía Raman reveló la presencia de modos vibracionales asociados a la fase de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, lo cual sugiere una coexistencia de regiones con diferentes estados de oxidación del vanadio. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a diferentes TT que se llevaron a cabo a 550 °C bajo la presencia de distintas atmósferas (aire, Ar, O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>), con el propósito de inducir procesos de recristalización o transformaciones de fase.



**Figura 7. Espectros Raman de las muestras de V<sub>x</sub>O<sub>y</sub> sometidas a un tratamiento térmico en diferentes atmósferas.**

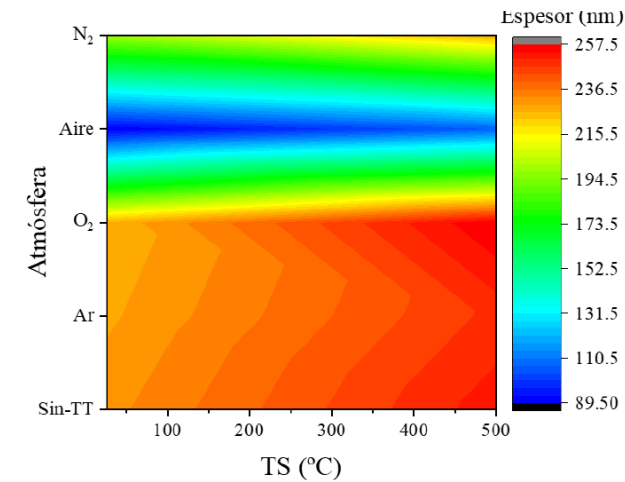
Los resultados de estos tratamientos mostraron una marcada influencia de la atmósfera sobre la morfología y la composición del material. En particular, las películas tratadas en aire evidenciaron un incremento en su opacidad, una reducción apreciable en el espesor y

la aparición de un único pico Raman bien definido en 708 cm<sup>-1</sup>, característico de la fase V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> cristalina.



**Figura 8. Coloración de las películas: a) muestras originales depositadas a 25 °C, b) después de tratamiento en distintas atmósferas, c) muestras depositadas a 500 °C y d) su respectivo tratamiento en diferentes atmósferas.**

Este comportamiento confirma la sensibilidad del sistema V<sub>x</sub>O<sub>y</sub> a las condiciones de oxidación durante el TT posterior. A pesar de que la mayoría de las aplicaciones tecnológicas del V<sub>x</sub>O<sub>y</sub> se basan en sus fases cristalinas, la fase amorfa (a- V<sub>x</sub>O<sub>y</sub>) ha comenzado a atraer atención por su potencial en dispositivos de almacenamiento de energía y sensores de gases, particularmente para la detección de hidrógeno y en baterías de ion litio o sodio, debido a su mayor área superficial activa y su estructura desordenada que facilita la difusión iónica. En conjunto, los resultados de este estudio contribuyen a una mejor comprensión de las condiciones de crecimiento y de los mecanismos de transición de fase en los óxidos de vanadio, abriendo la posibilidad de optimizar sus propiedades en función de la aplicación deseadas.



**Figura 9. Variación del espesor en función de las condiciones del TT.**

## CONCLUSIONES

Las películas de V<sub>x</sub>O<sub>y</sub> depositadas fueron amorfas, atribuible a las condiciones de crecimiento fuera del equilibrio. El espectro Raman reveló la presencia de fases amorfas asociadas a V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A partir de los espectros UV-Vis y las gráficas de Tauc se determinaron anchos de banda prohibida entre 2.27–2.52 eV y 3.20–3.49 eV, lo que sugiere la coexistencia de transiciones directas e indirectas. Los espesores disminuyeron al incrementar la temperatura de sustrato. Finalmente, los tratamientos térmicos a diferentes atmósferas mostraron cambios en la coloración de las muestras, más oscuras en N<sub>2</sub> y Aire; así como espesores mayores bajo atmósfera de Ar y menores en Aire.

## AGRADECIMIENTOS

A LANNBIO Cinvestav-Unidad Mérida por las mediciones (FOMIX-Yucatán No. 2008- 108160). M. Loeza-Poot (CVU: 556332) agradece al SECIHTI por la beca posdoctoral.

## REFERENCIAS

Jeidi, H., Ahmed, W., Najeh, I., Chouiref, L., Montes-Morán, M. A., Gomes, H. L., & El Mir, L. (2021). Production and

characterization of carbon–vanadium nanocomposites. *Journal of Materials Science*, 56(18), 11245–11260.

Plugaru, R., Mihalache, I., Romanițan, C., Comanescu, F., Vulpe, S., Craciun, G., Plugaru, N., & Djourelou, N. (2023). Lightsensing properties of amorphous vanadium oxide films prepared by RF sputtering. *Sensors*, 23(4), 1759.

Shibuya, K., & Sawa, A. (2015). Optimization of conditions for growth of vanadium dioxide thin films on silicon by pulsed-laser deposition. *AIP Advances*, 5, 107118

Shvets, P., Dikaya, O., Maksimova, K., & Goikhman, A. (2019). A review of Raman spectroscopy of vanadium oxides. *Journal of Raman Spectroscopy*, 50(9), 1226–1244.

Ureña-Begara, F., Crunteanu, A., & Raskin, J.-P. (2018). Raman and XPS characterization of vanadium oxide thin films with temperature. *Thin Solid Films*, 673, 17–25.

Xu, X., He, X., Wang, G., Yuan, X., Liu, X., Huang, H., Yao, S., Xing, H., Chen, X., & Chu, J. (2020). The study of optimal oxidation time and different temperatures for high quality VO<sub>2</sub> thin film based on the sputtering oxidation coupling method. *Applied Surface Science*, 530, 147298

Zhan, Y., Xiao, X., Lu, Y., Cao, Z., Qi, S., Huan, C., Cheng, H., Shi, J., & Xu, G. (2019). Enhanced thermal stability and thermochromic properties of VO<sub>x</sub>-based thin films by roomtemperature magnetron sputtering. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 200, 109923

# Energía eólica: Retos, avances e impacto estratégico en el desarrollo sostenible

Elizondo Salazar Guillermo  
 Alemán Cruz Víctor Osmar  
 Lárraga Muñoz Al David  
 Ramírez Dávila Brisa Marisol  
 López Ocañas Roberto

Instituto Tecnológico De Linares, Montemorelos - Linares 4556, 67827 Linares, N.L.  
 gelizondo@linares.tecnm.mx

## RESUMEN

El presente artículo ofrece un análisis exhaustivo del estado actual de la energía eólica, examinando sus fundamentos teóricos, la evolución de las turbinas y los retos operativos centrales, como la intermitencia del viento y la integración a la red eléctrica. La metodología combina una revisión sistemática de literatura para contextualizar los avances recientes y la experimentación práctica mediante el diseño y evaluación de un prototipo de turbina a pequeña escala desarrollado con fines educativos. Los resultados obtenidos evidencian la viabilidad técnica y ambiental de la energía eólica, destacando su potencial para la reducción de emisiones y la diversificación de la matriz energética. Finalmente, se proponen estrategias concretas para el fortalecimiento de la innovación tecnológica y la promoción de políticas públicas que impulsen su desarrollo sostenible en México y a nivel global.

**Palabras clave:** Energía, Producción, Renovable, Almacenamiento, Eólica.

## ABSTRACT

In the context of the global energy transition and the commitment to reducing greenhouse gas emissions, wind energy is emerging as

one of the renewable energy sources with the greatest potential. Demand for renewable electricity is growing worldwide, driven by both public policies and the reduction in capital and operating costs. In Mexico, and particularly in regions with abundant wind resources, such as the state of Oaxaca and the Gulf of Mexico, this resource represents a strategic opportunity to diversify the energy mix and promote regional development. This paper addresses three main areas: 1. The technological and operational challenges facing wind energy, 2. Significant recent advances in design, operation, and integration, and 3. The strategic impact on sustainable development and recommendations for its implementation. Keywords: Energy, Production, Renewable, Storage, Wind.

## INTRODUCCIÓN

En el contexto de la transición energética global y del compromiso por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la energía eólica se perfila como una de las fuentes renovables con mayor potencial. La demanda de electricidad renovable crece a nivel mundial, impulsada tanto por políticas públicas como por la reducción de costos de capital y operación. En México, y en particular

para regiones con buen recurso eólico, como el estado de Oaxaca y el Golfo de México, este recurso constituye una oportunidad estratégica tanto para diversificar la matriz energética como para impulsar el desarrollo regional. Este trabajo aborda tres ejes principales: 1. Los retos tecnológicos y operativos que enfrenta la energía eólica, 2. Los avances recientes significativos en diseño, operación e integración, y 3. El impacto estratégico en el desarrollo sostenible y recomendaciones para su implementación.

Figura III. Distribución energética en un sistema híbrido eólico-solar.

Tabla I. Potencia y eficiencia de los diferentes tipos de turbinas eólicas.

Tipo de turbina	Altura (m)	Potencia (MW)	Eficiencia (%)
Pequeña	25	0.05	30
Mediana	80	2.0	40
Marina	150	8.0	50

Tabla II. Impacto en diferentes áreas.

Impacto	Descripción
Ambiental	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> y dependencia de combustibles fósiles.
Económico	Impulso a empleos verdes y reducción de costos de energía a largo plazo.
Educativo	Fomento de la formación técnica en energías renovables.
Social	Promoción de la innovación tecnológica y conciencia ambiental.

Tabla III. Diferentes tipos de retos que las turbinas eólicas.

Reto	Solución propuesta
Intermitencia del viento	Integración de almacenamiento y sistemas híbridos.
Eficiencia limitada	Diseños aerodinámicos optimizados y nuevos materiales.
Mantenimiento costoso	Digitalización y monitoreo predictivo mediante IA.

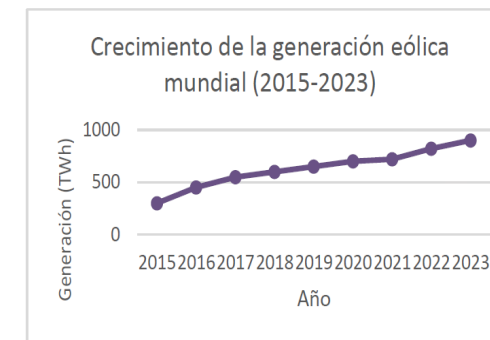


Figura I. Crecimiento de la generación eólica mundial en el periodo de los años 2015 al 2023.

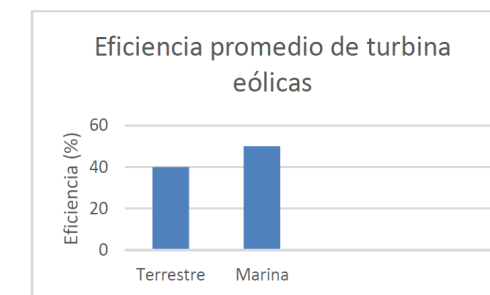
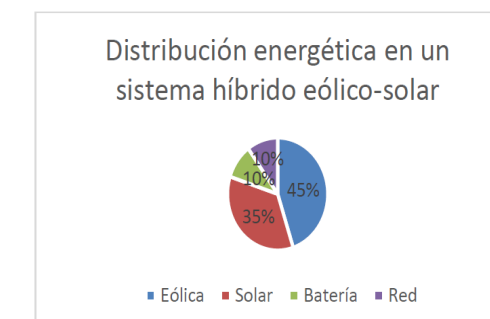


Figura II. Eficiencia promedio de las turbinas eólicas terrestres como marítimas.



Impacto ambiental	Palas reciclables y materiales sostenibles.
-------------------	---------------------------------------------

### ANTECEDENTES

El desarrollo de la energía eólica tiene una historia que arranca con turbinas de pequeña escala para uso local y ha evolucionado hacia grandes parques eólicos terrestres y offshore. En este marco, se han identificado barreras clave: variabilidad del recurso, impacto de la interacción aerodinámica entre turbinas, coste de operación y mantenimiento, integración en la red eléctrica, aspectos ambientales y sociales, entre otros. La digitalización del sector está emergiendo como un factor clave para mejorar la eficiencia, reducir riesgos y optimizar operaciones.

### METODOLOGÍA

La presente investigación adopta un enfoque de revisión bibliográfica sistemática complementada con análisis de casos relevantes y datos recientes. Se seleccionaron artículos de los últimos dos años (2023-2024) que abordan tecnología de turbinas, operación, control, integración, digitalización y sostenibilidad. Los criterios de inclusión fueron: publicación en revistas científicas indexadas, relevancia para el tema de energía eólica, y aportación a los tres ejes del estudio. Asimismo, se hará una contextualización al caso mexicano mediante el contraste con la literatura internacional.

### DESARROLLO

El desarrollo de la energía eólica ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, consolidándose como una de las principales alternativas para la transición hacia un modelo energético sostenible. Su crecimiento ha estado impulsado por la incorporación de innovaciones tecnológicas

en el diseño, control y operación de turbinas, así como por la necesidad global de reducir las emisiones contaminantes y diversificar las fuentes de generación eléctrica. En la actualidad, las turbinas terrestres alcanzan potencias de hasta 7 MW y las marinas superan los 15 MW, gracias a avances en aerodinámica, materiales compuestos, electrónica de potencia e inteligencia artificial. Los sistemas de control de paso y orientación permiten ajustar las palas según la dirección y velocidad del viento, mejorando la eficiencia y prolongando la vida útil del equipo, mientras que el uso de gemelos digitales y algoritmos de mantenimiento predictivo optimiza la operación y reduce los costos.

### RESULTADOS

Los avances tecnológicos más recientes se centran en el diseño aerodinámico optimizado de palas, el uso de materiales más ligeros y resistentes, la integración de sistemas de control activo del paso y de orientación, así como la digitalización mediante inteligencia artificial para el monitoreo y mantenimiento predictivo. Estos desarrollos buscan aumentar la eficiencia, reducir costos y mejorar la estabilidad del suministro. Entre los principales retos operativos destacan la intermitencia del recurso eólico, la interacción entre turbinas (efecto estela) y la complejidad de integración con la red eléctrica. Para enfrentar estos desafíos se implementan sistemas híbridos eólico-solares y soluciones de almacenamiento energético, lo que mejora la confiabilidad del sistema.

### CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que la energía eólica, pese a sus retos de intermitencia y costos de mantenimiento, es una alternativa viable y sostenible. El fortalecimiento de la investigación en aerodinámica, materiales,

control digital y almacenamiento permitirá aumentar su eficiencia. Para México, es indispensable impulsar políticas públicas y programas educativos que promuevan la innovación y el desarrollo de talento especializado, consolidando así una transición energética justa y sustentable.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece sinceramente a los asesores del Instituto Tecnológico de Linares y al Tecnológico Nacional de México por su valioso apoyo y orientación durante el desarrollo de esta investigación, así como a los alumnos que participaron con entusiasmo y disposición para contribuir al logro de este proyecto.

### REFERENCIAS

- Clifton, A., Barber, S., Bray, A., Enevoldsen, P., Fields, J., Sempreviva, A. M., Williams, L., Quick, J., Purdue, M., Totaro, P., & Ding, Y. (2023). Grand challenges in the digitalisation of wind energy. *Wind Energy Science*, 8, 947–974.
- González Hernández, J. G. (2018). Mejora del aprendizaje de la eficiencia eólica mediante el modelado del coeficiente de potencia [Artículo]. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 9(17).
- Roy, P., He, J., Zhao, T., & Singh, Y. V. (2023). Recent advances of wind-solar hybrid renewable energy systems for power generation: A review. *IEEE Industrial Electronics Technology News (ITeN)*.
- Tsai, W.-C., Hong, C.-M., Tu, C.-S., Lin, W.-M., & Chen, C.-H. (2023). A review of modern wind power generation forecasting technologies. *Sustainability*, 15(14), 10757.
- Zoucha, J., Crespo, C., Wolf, H., & Aboy, M. (2023). Review of recent patents on vertical-axis

wind turbines (VAWTs). *Recent Patents on Engineering*, 17(4).

- Zhang, H., Weidinger, P., Mester, C., Song, Z., Heller, M., Dubowik, A., Tegtmeier, B., & Eustorgi, K. (2025). State-of-the-art efficiency determination of a wind turbine drivetrain on a nacelle test bench. *Wind Energy Science*, 10, 1625–1636.

# CARTELES

## REDUCCIÓN DE LACTOSA EN LECHE DE CABRA CON TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS



Carlos Alberto Peña-Álvarez<sup>1</sup>, Juan Luis Morales-Landa<sup>2</sup>, Noé Luiz-Santos<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Linares, Carr. Nacional Linares-Montemorelos 4556, 67827 Linares, Nuevo León

<sup>2</sup> CIATEJ Subsele Noreste, Autopista Mty-Aeropuerto, Vía de la Innovación 404, Parque PIIT, Apodaca, Nuevo León \*nsantos@ciatej.mx

### INTRODUCCIÓN

La leche de cabra es un alimento de alto valor nutricional e icónica de la región Neolonesa para la elaboración de dulces tradicionales como las “glorias” y quesos. Sin embargo, contiene un carbohidrato que muchas personas no pueden digerir por deficiencia de lactasa, provocando malestares gastrointestinales. El presente trabajo tiene como objetivo reducir la lactosa en leche de cabra por ultrafiltración sin disminuir la concentración de calcio y proteínas. (1)

### RESULTADOS

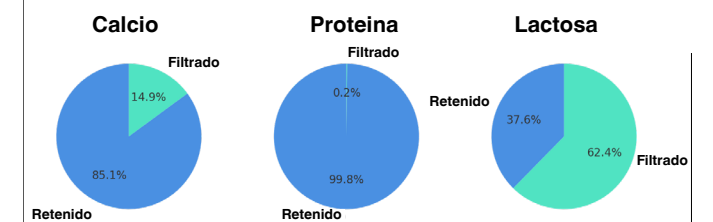


Figura 2. Porcentaje de permeabilidad de lactosa, calcio y proteína en leche de cabra

### CONCLUSIONES

El proceso de ultrafiltración en leche de cabra, redujo la lactosa en un 62.4 %, reteniendo los nutrientes esenciales como el calcio en un 85 % y la proteínas en un 99.8%. La disminución de lactosa en leche de cabra con esta tecnología podrá ser usada para elaboración de nuevos productos para personas con intolerancia. (2)

### REFERENCIAS

- 1 - Rosado, J.L. (2016). Intolerancia a la lactosa. Gac Med Mex, 152 (1), 67-73.
- 2 - Solís, C. A., Vélez, C. A., & Ramírez-Navas, J. S. (2017). Tecnología de membranas: Ultrafiltración. Entre ciencia e ingeniería, 26-36.

### METODOLOGIA



Figura 1. Reducción de lactosa por Ultrafiltración y cuantificación de parámetros químicos.

### AGRADECIMIENTOS

I2T2-RETOS-2025-001-C: Leche deslactosada.  
VERANO DE INVESTIGACIÓN PIIT 2025



**Ciencia y Tecnología**  
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



# 3er CONGRESO VIRTUAL INTERNACIONAL DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS



## Introducción

La conciencia ambiental ha aumentado considerablemente, lo que resulta en cambios en los hábitos de consumo y una mayor demanda de productos orgánicos. Según estudios como Bucio-Gutiérrez y colaboradores (2020), los países emergentes, incluido México, han adoptado métodos cada vez más sostenibles que han resultado en posiciones principales en índices como Greendex. Castañeda (2014) también ha destacado que los estudiantes universitarios jóvenes tienen hábitos de compra más conscientes y alineados con la sostenibilidad.

El modelo de comportamiento planificado (Ajzen, 1985) enseña a crear intenciones y comportamientos sostenibles que está influenciado por factores como actitudes hacia productos verdes, influencias sociales y un sentido de control personal (Chen y Deng, 2016). El objetivo de este estudio fue analizar la influencia del marketing verde empresarial en el comportamiento de compra ecológica en estudiantes universitarios de una institución pública de la región de las altas montañas en el estado de Veracruz, México.

## Influencia del marketing verde en la decisión de compra ecológica en estudiantes universitarios

### AUTORES

Quezada Fadanelli María Edith

Gasparín García Erika María

Gutiérrez Mora Irene

Munguía Martínez Marlene

Ruiz Contreras Gabriel

Palabras clave: comportamiento planificado, consumo sostenible, marketing verde, sustentabilidad.

## Material y métodos

La investigación fue transversal y descriptiva, donde se examinaron variables sociodemográficas (edad, estado civil, género e ingeniería). Se analizaron las variables actitudes de compra verde, normas subjetivas, control conductual percibido y comunicación verde de las empresas.

Se aplicó un cuestionario estructurado en línea a 111 alumnos de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable e Ingeniería en Desarrollo Comunitario.

El cuestionario utilizado tuvo un análisis de fiabilidad, obteniendo un valor de 0.97, un Alfa de Cronbach de 0.97, se interpreta como un nivel de fiabilidad excelente. De acuerdo con los criterios de referencia establecidos por George y Mallery (2003).

Se utilizarán los siguientes factores latentes: Del modelo del comportamiento planificado (TCP): actitudes de compra ecológica (GPA), normas subjetivas (SN), control conductual percibido (PBC), comportamiento de compra verde (CPB). Además de comunicación verde de las empresas (CGC) e intención de compra ecológica (GPI). Utilizando la escala de Likert de 5 puntos (1: totalmente en desacuerdo, 2: en desacuerdo, 3: neutral, 4: de acuerdo y 5: totalmente de acuerdo). Un total de 14 preguntas del cuestionario y 4 variables sociodemográficas.

## Resultados

Los resultados revelan que las etiquetas claras, campañas publicitarias transparentes, y la credibilidad de la información ambiental proporcionada, son determinantes significativos para que los estudiantes opten por productos ecológicos. Además, se identificó que la percepción de apoyo social y la confianza en la accesibilidad a productos verdes también influyen de manera importante en la intención de compra. La comunicación verde, entendida como la promoción de mensajes ambientales en publicidad y etiquetado, mostró un impacto positivo en la conciencia y disposición hacia prácticas de consumo sostenible. En la tabla 1 se observa que los alumnos de la ingeniería en desarrollo comunitario son los que tienen un promedio mayor en las variables analizadas en comparación con las otras ingenierías, que se interpreta como la tendencia de compra hacia productos ecológicos.

**Tabla 1**  
Promedio de valores de variables por carrera

Var	IGE	IIAS	IDC	ISC
GPA(Actitudes de compra)	4.41	4.44	4.52	4.52
SN(Normas Subjetivas)	4.36	4.38	4.48	4.45
PBC(Control Conductas)	4.37	4.40	4.49	4.46
CGC(Comunicación verde)	4.37	4.42	4.48	4.47

Nota: Elaboración propia en base a los resultados, 2025

## Discusión y conclusiones

En la actualidad los consumidores están más preocupados por el medio ambiente, el marketing ecológico ha demostrado ser eficaz, ya que el mensaje se dirige a personas que ya están preocupadas por los problemas medioambientales (Zabkar y Hosta, 2013).

Chen et al. (2006) y Paço et al. (2019) también han demostrado la relación que tiene la aceptación de productos ecológicos con la atención a la comunicación del marketing ecológico que tienen las empresas para llegar a su público objetivo, así podemos comparar los resultados obtenidos en el estudio donde encontramos que los universitarios de la carrera de ingeniería en desarrollo comunitario son los que tenían mayores actitudes de compra hacia productos ecológicos

Este estudio aporta evidencia empírica sobre la importancia de estrategias comunicativas empresariales orientadas a la sostenibilidad para fomentar un cambio de comportamiento en consumidores jóvenes. Se recomienda a las empresas adoptar políticas de transparencia y promover mensajes que refuercen el valor ambiental de sus productos para contribuir al desarrollo sostenible.

Podemos concluir que más del ochenta por ciento de los alumnos analizados consideran importante que la empresa proporcione más información sobre las características ambientales de sus productos, impactos ambientales y métodos de producción, dejando claro el impacto que tiene el marketing verde en las decisiones de compra en los universitarios.

Como trabajos futuros se recomienda ampliar la muestra de alumnos para tener parámetros más claros de la relevancia del marketing verde en el grupo de población en estudio.

## Referencias

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211.
- Bucio-Gutierrez, D., Jiménez-Almaguer, K. P., & Azuela-Flores, J. I. (2020). Intención de compra verde. *Redalyc.org*.
- Castañeda, J. S. (2014). Contextualización y enfoques en el estudio de comportamientos proambientales o ecológicos con miras a la perfilación del consumidor verde. *Suma de Negocios*, 5(10), 34-39.
- Chen, Y.S.; Lai, S.B.; Wen, C.T. La influencia del desempeño de la innovación verde en la ventaja corporativa en Taiwán. *J. Bus. Ética* 2006, 67, 331–339.
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. 11.0 update (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon
- Paço, A.; Shiel, C.; Alves, H. Un nuevo modelo para probar el comportamiento ecológico del consumidor. *J. Limpio. Prod.* 2019, 207, 998–1006.
- Zabkar, V.; Hosta, M. Voluntad de actuar y comportamiento del consumidor consciente del medio ambiente: ¿Pueden las percepciones de estatus prosocial ayudar a superar la brecha? *Int. J. Consum. Semental.* 2013, 37, 257–264

# "LO HUMANO DE LO ARTIFICIAL Y LO ARTIFICIAL DE LO HUMANO"

AMADO JOSÉ<sup>1</sup>, ANGELINA GARCÍA<sup>2</sup>, DANIELA MORENO<sup>3</sup>, EDUARDO GARCÍA<sup>4</sup>, DAVID REYES<sup>5,6</sup>, ISABEL PUENTE<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DE MONTERREY, <sup>3</sup>INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LINARES, <sup>4</sup>INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ, <sup>5</sup>SECHTI, <sup>6</sup>CIMAT  
 amadosant154@gmail.com, <sup>2</sup>angelina.garcia@udem.edu, <sup>3</sup>danygpe1@gmail.com, <sup>4</sup>eduardogarcia.deve@gmail.com

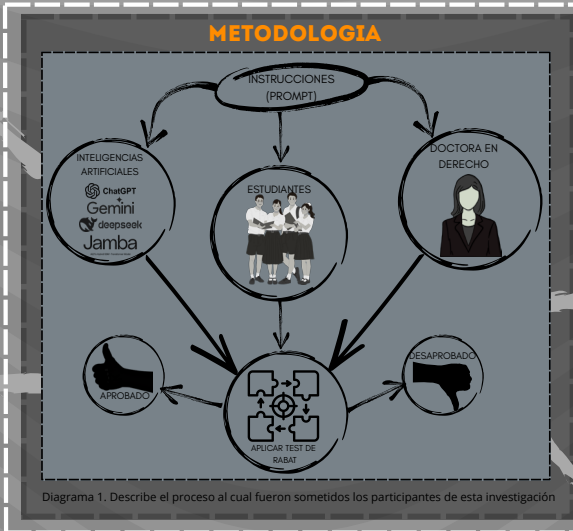
## RESUMEN

Este estudio realiza un análisis crítico del derecho a la educación en las constituciones de México, Marruecos y España, partiendo de la premisa de que toda norma se enmarca en una estructura ideológica que condiciona su interpretación y aplicación. Para ampliar la comparación, se generaron textos sobre el mismo derecho utilizando distintas inteligencias artificiales (ChatGPT, Gemini, DeepSeek y Jamba). Desde un enfoque interseccional del derecho, se aplicó el Test de Rabat como herramienta metodológica, lo que permitió identificar posibles discursos de odio y sesgos estructurales en los artículos constitucionales analizados, así como en los textos producidos por inteligencia artificial. El estudio evidencia cómo tanto los marcos legales como los sistemas automatizados reproducen, omiten o refuerzan narrativas que afectan la universalidad y equidad del derecho a la educación.



## INTRODUCCIÓN

La presente investigación cobra relevancia al evidenciar cómo los modelos de inteligencia artificial, aunque útiles para generar contenido educativo, pueden reproducir sesgos ideológicos, culturales o narrativos. Estos sesgos influyen en la manera en que se presenta la información, afectando la formación del pensamiento crítico y la percepción de la realidad. Analizar y comparar los discursos generados por distintas IA permite reflexionar sobre la necesidad de una supervisión ética en su uso, especialmente en contextos educativos donde el acceso a múltiples perspectivas es fundamental. Comprender estos riesgos es esencial para fomentar una educación más inclusiva, consciente y responsable en la era digital.



## RESULTADOS

"TODOS TENEMOS SESGOS O PREJUICIOS, INCLUSO LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL. LO IMPORTANTE NO ES NEGAR SU EXISTENCIA, SINO APRENDER A RECONOCERLOS Y GESTIONARLOS CON RESPONSABILIDAD. SOLO ASÍ, DESDE LA EMPATÍA Y LA CONCIENCIA, PODEMOS AVANZAR HACIA UNA SOCIEDAD MÁS JUSTA Y CONSCIENTE."



EL TEST QUE DEMUESTRA QUE DISCRIMINAS MÁS QUE UNA MÁQUINA

## DISCUSIÓN

	Humanos	IAs
Original	Los textos educativos originales de México, España y Marruecos fallan al no abordar problemas clave: México ignora la desigualdad social, España las barreras económicas y Marruecos excluye a grupos vulnerables para priorizar su identidad nacional.	ChatGPT Ofrece una visión equilibrada y generalista, pero superficial. Propone una educación "justa" e "inclusiva" sin profundizar en las complejidades culturales o los retos estructurales.
Estudiantes	Califican la visión como progresista pero utópica. Advierten que un modelo de "excelencia educativa" única puede ser excluyente para quienes no se alinean con esos estándares.	Gemini Tiende a un nacionalismo implícito. En España, simplifica el debate público-privado en Marruecos, reproduce el discurso oficial sin crítica, y en México, invisibiliza a grupos vulnerables.
Doctora	Realiza la crítica más estructural e ideológica. Señala una clara inclinación hacia la izquierda que excluye saberes tradicionales e indígenas. Cuestiona la sobrestimación de las capacidades del Estado y la falta de atención a la desigualdad real.	DeepSeek y Jamba Se centran en las omisiones. DeepSeek critica desde un lenguaje "progresista" pero ambiguo, omitiendo temas clave como la lealtad. Jamba es más directo, señalando la ausencia de grupos específicos como la población afrodescendiente o personas con discapacidad.

Tabla 1. Análisis de sesgos presentes en los resultados de los artículos constitucionales, generados por las IAs, realizados por los estudiantes, y la doctora en derecho.

La combinación de ambas miradas nos permite entender no solo las propuestas educativas, sino también los límites y sesgos de quienes las analizan.

## TRABAJO FUTURO

Este estudio puede ampliarse analizando temas sensibles como política, salud o derechos humanos para observar variaciones de sesgo según el contenido. Sería valioso comparar diferentes arquitecturas de IA (LLMs, RAGs) y modelos open-source vs. propietarios, así como explorar la construcción de corpus educativos éticos y representativos. También se sugiere investigar el prompt engineering como técnica para mitigar o evidenciar sesgos, y extender el análisis a IA multimodales (texto, imagen, voz) para identificar cómo se manifiestan los sesgos más allá del lenguaje escrito.

## CONCLUSIÓN

Las IA, a pesar de generar estructuras diferentes, se adaptaron a los estereotipos de cada nación. Los artículos comparten una visión moderna de la educación, pero contienen sesgos que reflejan las prioridades y estructuras de cada país, guiando el contenido educativo según su contexto. La comparación muestra que la IA escribe de forma estructurada y neutral, mientras que los humanos priorizan la expresión personal y el posicionamiento. Esto revela que el control del contenido también está en el estilo, no solo en el mensaje.

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más profundo y sincero agradecimiento a las distinguidas instituciones que han auspiciado este esfuerzo intelectual: el CIMAT, I2T2, PIIT. Su invaluable respaldo ha sido la piedra angular que nos ha permitido explorar las fronteras de este campo. De manera particular, nuestra gratitud impercedera se dirige a la Dra. María Isabel Puente Gallegos (SECHTI) y al Dr. Ángel David Reyes Figueroa. Su guía magistral y su apoyo inquebrantable han sido el faro que ha iluminado nuestro camino en esta iniciativa que desafía los paradigmas establecidos y arroja nueva luz sobre la compleja naturaleza de los sesgos algorítmicos.

## REFERENCIAS

1. Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México (SEMOVI), Informe Anual de Movilidad 2024, Gobierno de la Ciudad de México, CDMX, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/>

2. [Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Electromovilidad en América Latina y el Caribe: Avances y Retos, Washington D.C., 2022] Disponible en: <https://publications.iadb.org/>

3. [International Energy Agency (IEA), Global EV Outlook 2024: Catching up with climate ambitions, Paris, France: IEA, 2024. Available: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>

# Transporte Público Eléctrico como Eje de la Descarbonización Urbana en Ciudad de México.

J. Toledo Wong, S.-E. De León Aldaco, J. Aguayo Alquicira,  
 Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), Dpto. ingeniería electrónica, Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira, C.P. 62490. Cuernavaca, Morelos, México., m25ce018@cenidet.tecnm.mx

## Introducción

La Ciudad de México ha iniciado una transición hacia la electromovilidad colectiva, expandiendo su red de trolebuses y autobuses eléctricos. Este proceso busca reducir emisiones contaminantes, mejorar la calidad del aire y promover un modelo de transporte público sostenible en zonas de alta densidad urbana. La movilidad eléctrica se consolida como uno de los pilares de la descarbonización urbana, alineada con las metas nacionales e internacionales de reducción de gases de efecto invernadero.

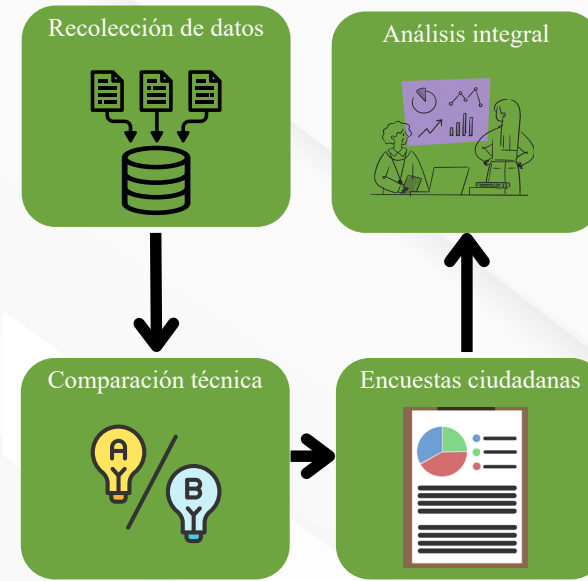
## ¿Sabías qué....?

- Cada trolebús eléctrico evita 10 t de CO<sub>2</sub>/año.
- Los autobuses eléctricos ahorran 30 % en operación.
- México: 1 de 3 países en LATAM con corredores eléctricos

## Objetivo

Evaluar el impacto ambiental, operativo y social de la implementación de unidades eléctricas en el transporte público de Ciudad de México, con énfasis en los sistemas Metrobús y trolebús.

## Metodología



## Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> por tipo de unidad en Ciudad de México

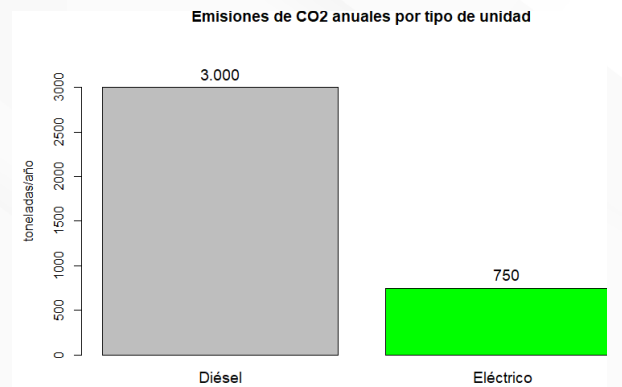


Fig. 2. Comparación de emisiones anuales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) entre autobuses diésel y eléctricos. Datos estimados con base en SEMOVI (2024).

## Resultados

- +200 trolebuses eléctricos y 85 autobuses articulados en operación.
- Creación del Corredor Cero Emisiones en Eje Central.
- Autonomía promedio: 300 km por carga.
- Reducción de emisiones: más de 2,250 t de CO<sub>2</sub>/año.
- Percepción ciudadana: 80 % reporta mayor confort y menor ruido ambiental.

## Conclusiones

- La electrificación del transporte público en Ciudad de México demuestra:
- Viabilidad técnica y económica.
  - Beneficios ambientales y sociales.
  - Un modelo replicable para otras ciudades latinoamericanas.

## Unidades de transporte público



Fig. 1. Trolebuses eléctricos en el Corredor Cero Emisiones del Eje Central, Ciudad de México.

## Referencias

1. Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México (SEMOVI), Informe Anual de Movilidad 2024, Gobierno de la Ciudad de México, CDMX, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/>

2. [Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Electromovilidad en América Latina y el Caribe: Avances y Retos, Washington D.C., 2022] Disponible en: <https://publications.iadb.org/>

3. [International Energy Agency (IEA), Global EV Outlook 2024: Catching up with climate ambitions, Paris, France: IEA, 2024. Available: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>

# Análisis integral de la electromovilidad y su red de estaciones de recarga

Ing. Hernández-Ruiz, A. Y.; CENIDET. Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira. Cuernavaca Morelos, México. CP. 62490.  
 Dra. De Leon-Aldaco, S. E.; CENIDET. Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira. Cuernavaca Morelos, México. CP. 62490  
 Dr. Aguayo-Alquicira, J.; CENIDET. Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira. Cuernavaca Morelos, México. CP. 62490  
 M. C. González-Ortega, A. S. E.; CENIDET. Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira. Cuernavaca Morelos, México. CP. 62490  
 Dr. Mina-Antonio J. D.; CENIDET. Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira. Cuernavaca Morelos, México. CP. 62490

## I. Introducción

Hoy en día, el transporte es esencial debido a la constante necesidad de movilidad, lo que ha impulsado el desarrollo de tecnologías que modernicen y mejoren su eficiencia, siendo el automóvil de combustión interna el más común. Sin embargo, su uso intensivo ha generado una elevada emisión de CO<sub>2</sub>, contribuyendo al aumento de la temperatura global y a contingencias ambientales nocivas para la salud [1].

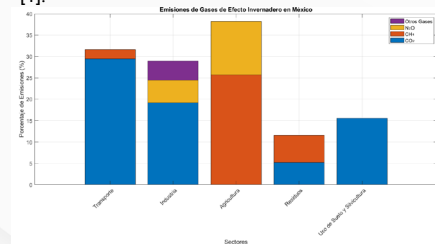


Fig. 1. Distribución de gases de efecto invernadero en México [2].

Ante esta problemática, surge la preocupación por la eficiencia energética y el impacto ambiental del transporte. Desde 2010, se ha impulsado la producción de vehículos eléctricos como alternativa sostenible, con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de los combustibles fósiles. No obstante, su adopción enfrenta desafíos como los altos costos de mantenimiento y las tarifas elevadas de carga, consecuencia de su reciente introducción al mercado.

## II. Desarrollo

Al presente en México la distribución de los gases de efecto invernadero mantienen su mayor producción en la distribución de dióxido de carbono en dos sectores considerables los cuales son la industria y la movilidad, en torno a la movilidad abarcando un 24.5%, además como se denota en la figura 1, la industria energética es una de las principales ramas contaminantes haciendo factible el uso de las energías renovables para así mitigar este punto en una posteridad, conforme a partículas de efecto invernadero, denotando también partículas como metano y óxido nítrico.

Sin embargo, la implementación de estos dispositivos presenta ciertos retos a adoptar los cuales complican la adopción formal y exponencial de los vehículos eléctricos, ya que cuentan aun con altos costos de mantenimiento, debido a las características y el poco tiempo que llevan en el mercado, el costo de mantenimiento es un problema el cual no se ha tratado de manera correcta sumando las tarifas altas de carga de estos mismos [3].

Los niveles de recarga en las estaciones se clasifican por la potencia que pueden permitir a la salida, lo que garantiza un tiempo mas corto de recargas, en la tabla 1 se muestran los distintos niveles de recarga.

Tabla 1. Comparativa de niveles de recarga.

	Nivel 1 (CA)	Nivel 2 (CA)	Nivel 3 (CC)	Nivel 4 (CC)
Tiempo de recarga	11-36 hrs	2-6 hrs	30 min	10 min
Energía consumida	16-50kwh	16-30 kwh	20-50 kwh	50-160 kwh
Protocolos de conexión	SAE J1772	SAE J1772	CCS, CHAdeMO	CCS, CHAdeMO
Voltaje (V)	120	240	200-1000	Hasta 1000
Corriente (A)	12-16	16-80	100-400	300-500

En la actualidad las estaciones de recarga están distribuidas a lo largo del mundo por distintas empresas, sin embargo, el implemento de las estaciones de recarga rápida se ha distribuido de manera mas lenta debido al coste y complejidad de las mismas. En la figura 2 se muestra un mapa de las estaciones de recarga rápida en Norteamérica. [4]

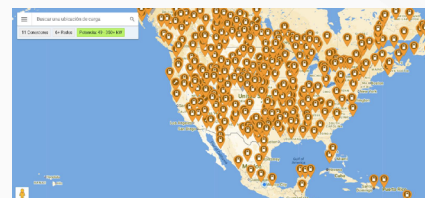


Fig. 2. Mapa Estaciones de recarga plugshare.

El desarrollo automotriz tiene un impacto significativo en la vida cotidiana, y la incorporación de vehículos eléctricos al parque vehicular es cada vez más común. Esta tendencia representa una oportunidad de crecimiento en los ámbitos ecológico, económico y social, ya que una adecuada implementación puede establecer nuevos estándares de sostenibilidad. En este contexto, la adopción de unidades eléctricas (figura 3) ha impulsado la creación de protocolos de normalización y programas de educación ambiental que fomentan la información y el interés de los usuarios en estas tecnologías.

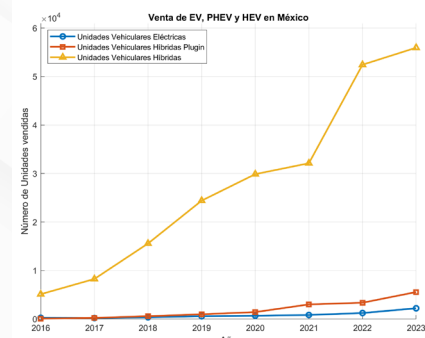


Fig. 3. Ventas de vehículos eléctricos en México.

## III. Conclusión

El plan futuro a nivel mundial se centra en la adopción total de la electromovilidad, aprovechando los avances tecnológicos para hacerla más accesible y eficiente (Figura 4). Actualmente, se están desarrollando estaciones de recarga más asequibles y con mayor cobertura, lo que facilitará el uso a gran escala. Esta expansión permitirá a los usuarios realizar trayectos más largos con mayor confianza, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental. Además, se están explorando nuevas tecnologías, como baterías de mayor autonomía y sistemas de carga ultrarrápida, que optimizarán aún más la experiencia de los vehículos eléctricos. [5]

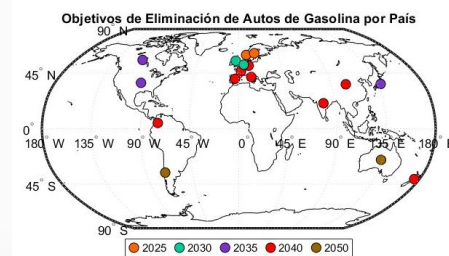


Fig. 4. Objetivo de eliminación de autos de combustión interna.

## IV. Referencias

- [1] I. N. d. E. y. C. Climático, "Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero," 2018.
- [2] INEGI. Venta de vehículos híbridos y eléctricos por entidad federativa, INEGI. 2024.
- [3] P. Frías Marín and J. Román Úbeda, "Vehículo eléctrico: situación actual y perspectivas futuras," 2019.
- [4] Plugshare, Estaciones de recarga rápida y ultrarrápida. 2025
- [5] J. A. Ros Marín and O. Barrera Doblado, Vehículos eléctricos e híbridos. Ediciones Paraninfo, SA, 2017.

# ANÁLISIS DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN UNA LOCALIDAD RURAL DE OAXACA

Ing. Nilber Cruz Arias, CENIDET, Dpto. de electrónica, Interior Internado Palmira S/N, Cuernavaca, Morelos, México, 62493, m24ce122@cenidet.tecnm.mx.  
 Dra. Susana Estefany De León Aldaco, CENIDET, Dpto. de electrónica, Interior Internado Palmira S/N, Cuernavaca, Morelos, México, 62493, susana.da@cenidet.tecnm.mx.  
 Dr. Jesús Aguayo Alquicira, CENIDET, Dpto. de electrónica, Interior Internado Palmira S/N, Cuernavaca, Morelos, México, 62493, jesus.aa@cenidet.tecnm.mx.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, aún existen comunidades que carecen de acceso a la electricidad y a internet. Esta carencia limita gravemente el acceso a la educación, el trabajo y la comunicación, generando una profunda brecha en un mundo cada vez más interconectado y acelerado [1].

Una alternativa viable para reducir esta desigualdad son las energías renovables, las cuales ofrecen fuentes limpias, sostenibles y disponibles de forma local. Sin embargo, su disponibilidad puede ser intermitente [2].

Este trabajo muestra la etapa inicial de una investigación que tiene como objetivo analizar un sistema híbrido de energías renovables (véase figura 1 y 4) con el objetivo de alimentar una base de telecomunicaciones de una comunidad rural aislada del estado de Oaxaca con ayuda de un sistema híbrido de energías renovables.



Fig. 1. Estructura simplificada de un sistema híbrido de energías renovables

Como en toda investigación, para realizar un análisis adecuado, se optó por seguir una metodología con base en el objetivo, con el apoyo de artículos previos. De esta manera, a continuación se muestra un poco de lo que se ha hecho hasta este momento.

### A. Selección de la localidad

Con apoyo de SCITEL y de mapas interactivos de cobertura de redes, se identificaron comunidades con carencia de servicios de telecomunicaciones y ausencia de red eléctrica. Al final, se eligió la localidad de Ignacio Zaragoza, Oaxaca, como sitio de estudio.



Fig. 2. Criterios de búsqueda y ubicación de la localidad seleccionada.

### B. Recolección de información

Se recabó información general respecto al municipio que pudieran ser útiles para detectar las potenciales fuentes de energías renovables, como actividad productiva, para posible generación de biocombustible o fuentes hídricas para energía hidroeléctrica.

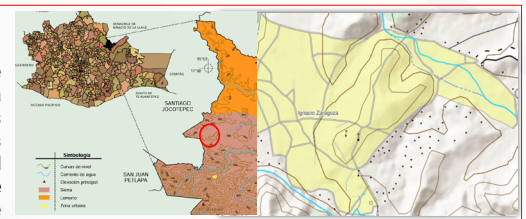


Fig. 3. Mapas del relieve (izquierda) y corrientes de agua de la localidad seleccionada (derecha)

### C. Extracción de datos meteorológicos históricos

También se recabó información acerca del potencial fotovoltaico y velocidad de viento, con el apoyo de diferentes mapas interactivos y se extrajeron los datos meteorológicos históricos de la página de la NASA: "NASA POWER" (véase figura 4), y se elaboraron gráficas que facilitan la interpretación de los datos promediando los valores de cada hora a lo largo de todos los días de cada mes.



Fig. 5. Gráficas del mes de enero del 2020 correspondientes a la velocidad del viento (izquierda) e irradiación normal directa (derecha) por hora.

### D. Estimación de carga energética

Se recopiló información acerca de la demanda de potencia de una antena de telefonía móvil, dato fundamental para realizar las simulaciones en HOMER Pro. Se identificó que el consumo puede variar entre 3 kW y 5 kW, rango que servirá como referencia para dimensionar el sistema híbrido [3].



## II. DESARROLLO



Fig. 6. Beneficios de un sistema híbrido en este proyecto.

## III. CONCLUSIÓN

Con base en los resultados de las simulaciones en HOMER Pro, se espera determinar indicadores técnicos, económicos y ambientales que evalúen la viabilidad del sistema híbrido propuesto. La revisión bibliográfica muestra una fuerte inclinación hacia configuraciones fotovoltaico-eólicas, y los hallazgos preliminares sugieren que esta combinación podría ser la opción más eficiente para garantizar un suministro confiable de energía a la torre de telecomunicaciones, favoreciendo la reducción de costos y el uso de fuentes renovables.

## IV. REFERENCIAS

- [1] W. Ibrahim et al., Optimized Energy Management Strategy for an Autonomous DC Microgrid Integrating PV/Wind/Battery/Diesel-Based Hybrid PSO-GA-LADRC Through SAPF, MDPI, 2024. [DOI: 10.3390/technologies12110226].
- [2] N. K. Bahgaat, "Estimation of renewable energy systems for mobile network based on real measurements using HOMER software in Egypt," Sci. Rep., vol. 13, no. 1, pp. 1–20, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-43877-2.
- [3] K. Madhu, "RESEARCH ARTICLE USE OF SOLAR POWER IN TELECOM TOWER TO REDUCE ENVIRONMENTAL POLLUTION" Int. J. Curr. Res., 2016.

# Generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía del mar.

Ing. Salvador Elí Durán Morales, Dra. Susana Estefany De León Aldaco Dr. Jesús Aguayo Alquicira Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) Departamento de Ingeniería Electrónica Energía Renovable y Eficiencia Energética

## I. Introducción

En las últimas décadas, la demanda de energía eléctrica ha aumentado de forma considerable, mientras que la preocupación por el cambio climático ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles. Entre ellas, la energía mareomotriz destaca por su confiabilidad y su disponibilidad constante [1][2].

Una forma de generar electricidad es con presas de marea, construidas en ríos o bahías. Estas guardan agua cuando la marea sube y la liberan cuando baja, moviendo turbinas que producen energía [1].

El rendimiento de una central mareomotriz depende del caudal, la ubicación y el número de turbinas [3].

Por otro lado el cambio climático ha alterado las lluvias y la disponibilidad de agua, lo que afecta la generación hidroeléctrica y otros usos esenciales como la agricultura y el consumo humano [4][5].

Estos cambios en el nivel de agua en los embalses afectan la generación hidroeléctrica y dificultan mantener una producción estable, especialmente donde el agua es escasa [4].

Este trabajo analiza un sistema mareomotriz a pequeña escala, evaluando su funcionamiento ante variaciones y su capacidad de generar electricidad con el movimiento de las mareas."

## Desarrollo

El trabajo se dividió en dos partes principales:

### 1. Simulación en MATLAB®

Se diseñó un modelo en MATLAB® que representó el flujo de agua. Esto permitió observar cómo varía la generación de energía con el movimiento del agua.

a) Se calculó altura de la columna de agua, caudal, tiempo de vaciado y potencia.

b) La simulación mostró un flujo estable con potencia suficiente para encender un LED (>0.1 W).

c) Para optimizar el sistema, se aplicó un algoritmo MPPT (Perturb & Observe) y un controlador PI, que ayudaron a seguir el punto de máxima potencia y mantener estable la señal de salida

Fórmula	Resultado
$h = V / A$	Altura del agua dentro del contenedor 8.33 centímetros.
$Q = A_t * v$	Caudal de 0.0002257 metros cúbicos por segundo.
$t = V / Q$	Tiempo de vaciado en 22 segundos.
$P = \rho g Q h$	Potencia generada 0.18 vatios.

Tabla 1 fórmulas y valores obtenidos.

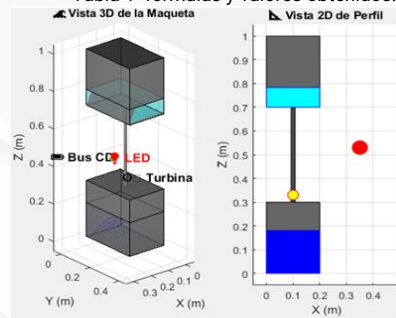


Figura 1 Visualización del sistema 2D y 3D.

## 2. Diseño del prototipo físico

Se construyó una maqueta con materiales accesibles: dos depósitos de acrílico, tubería de PVC y una turbina.

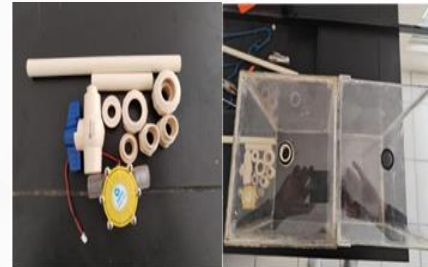


Figura 2 Materiales acrílico, PVC, turbina.

Al construir una maqueta mareomotriz, aparecen varios desafíos. Uno de los más importantes es.

Que el nivel del agua cambia constantemente, lo que afecta la presión y la cantidad de agua lo que hace que la energía generada no siempre sea estable.

## 3. Resultados experimentales del prototipo.

Se realizaron varias pruebas:

a) Prueba sin controladores: se alcanzó un máximo de 2.4V, que luego disminuyó conforme bajaba el caudal.



Figura 3 Prueba sin controladores.

a) Pruebas con Arduino + MPPT + PI: se lograron picos de hasta 3V, con un comportamiento más estable durante el vaciado (3 minutos). Mejoró la eficiencia y estabilidad.



Figura 4 Pruebas con controladores.

## 4. Comparación entre simulación y prototipo.

La simulación representó un escenario ideal, sin pérdidas por fricción o turbulencias. En el prototipo real aparecieron limitaciones propias de los materiales, como fugas y resistencia mecánica.

## III. Conclusiones

Este proyecto demostró que es posible aprovechar el movimiento del agua para generar electricidad a pequeña escala. La simulación en MATLAB® permitió anticipar resultados y la maqueta confirmó que, con materiales accesibles, se puede replicar el principio de una central mareomotriz.

La incorporación de controladores MPPT y PI mejoró la estabilidad y eficiencia, logrando hasta 3V en pruebas experimentales. Aunque la simulación idealiza condiciones y el prototipo enfrenta limitaciones reales, ambos coincidieron en lo esencial: el sistema es viable, útil en lo educativo y con potencial para desarrollos sostenibles.

En resumen, la energía mareomotriz se confirma como una alternativa realista para un futuro con energías limpias, y un modelo sencillo puede abrir camino al aprendizaje y la innovación.

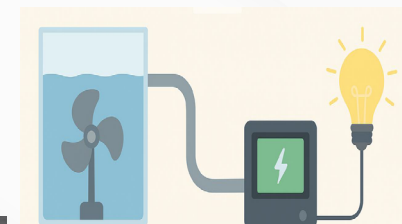


Figura 5 Energía mareomotriz a pequeña escala.

## III. REFERENCIAS

[1] V. KHARE AND M. A. BHUIYAN, "TIDAL ENERGY-PATH TOWARDS SUSTAINABLE ENERGY: A TECHNICAL REVIEW," CLEANER ENERGY SYSTEMS, VOL. 3, P. 100041, 2022.

[2] R. DASHTI, G. R. GHANBARI, H. R. SHAKER, AND H. MIRSHKALI, "TRANSIENT ANALYSIS OF TIDAL POWER PLANT CONNECTED TO NETWORK WHEN FACED WITH SYMMETRICAL AND UNSYMMETRICAL FAULTS," IN 2020 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING (ICEEE), 2020: IEEE, PP. 165-169.

[3] M. T. GRACÍ RIBES, "ESTUDIO DE LAS DIFERENTES FORMAS DE CONSEGUIR ENERGÍA CON EL MAR Y SU APLICABILIDAD EN EL LITORAL ESPAÑOL," 2014.

[4] K. SOLAUN AND E. CERDÁ, "THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE GENERATION OF HYDROELECTRIC POWER—A CASE STUDY IN SOUTHERN SPAIN," ENERGIES, VOL. 10, NO. 9, P. 1343, 2017.

[5] M. CIAMPITIELLO, A. MARCHETTO, AND A. BOGGERO, "WATER RESOURCES MANAGEMENT UNDER CLIMATE CHANGE: A REVIEW," SUSTAINABILITY, VOL. 16, NO. 9, P. 3590, 2024.

## III. RECONOCIMIENTO

La presente investigación se realizó en el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), perteneciente al TecNM. Agradezco al Departamento de Ingeniería Electrónica por el apoyo brindado y a mis asesores por su guía en el desarrollo de este proyecto.

# Análisis de las condiciones de crecimiento de películas delgadas de $V_xO_y$ depositadas por sputtering reactivo

E. Chi<sup>a,b</sup>, M. Loeza-Poot<sup>b</sup>, R. Mis-Fernández<sup>b</sup>, D. Meneses-Rodríguez<sup>c</sup>, E. Flores<sup>b</sup>

<sup>a</sup>. Universidad Autónoma de Yucatán - Industrias No Contaminantes S/N, Sin Nombre de Col 27, 97302 Mérida, Yuc.

<sup>b</sup>. Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional - Unidad Mérida Carretera Antigua a Progreso Km. 6, A.P. 73 Cordemex 97310 Mérida, Yucatán, México.

<sup>c</sup>. IxM-SECIHTI-Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV-Unidad Mérida, Mérida, Yucatán, México.

\*Presentador: estebanchipena@gmail.com, a15003587@alumnos.uady.mx



## INTRODUCCIÓN



Los óxidos de vanadio ( $V_xO_y$ ) presentan una amplia variedad de fases cristalinas y propiedades que dependen de su estequiometría y de los múltiples estados de oxidación del vanadio [1].

- Sensores
- Optoelectrónica
- Almacenamiento de energía
- Celdas Solares

No obstante, el control de fase es complejo, pues depende de las condiciones de depósito. Este trabajo analiza cómo dichos parámetros y los tratamientos térmicos influyen en las propiedades fisicoquímicas de los materiales.

## DETALLES EXPERIMENTALES

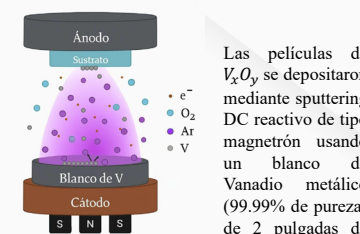


Fig. 1. Esquema del sistema de Sputtering

Tabla 1. Condiciones de depósito de las películas de  $V_xO_y$

Parámetro	Rango
Presión base	$1 \times 10^{-5}$ Torr
Presión de trabajo	10 – 16 mTorr
Potencia aplicada	75 – 110 W
Presión parcial de $O_2$	0% - 25%
Temperatura de sustrato	Temperatura ambiente – 500 °C

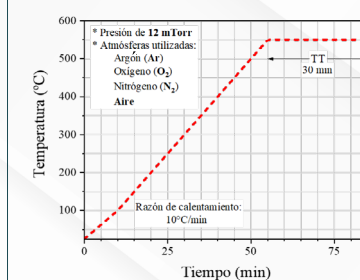


Fig. 2. Rampa de calentamiento del tratamiento térmico a diferentes atmósferas.

## RESULTADOS

### Etapa 1

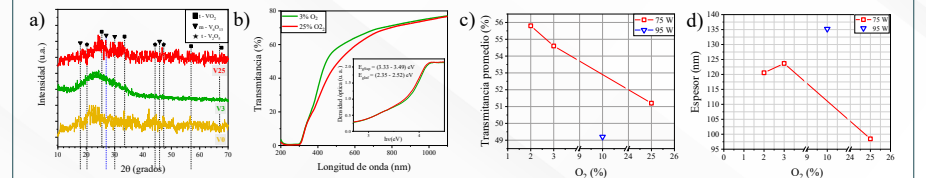


Fig. 3. Caracterización estructural y óptica de las películas de  $V_xO_y$  en función del porcentaje de oxígeno: a) patrones XRD con carácter amorfo [3], b) espectros de transmitancia y gráfica tipo Tauc (inserto), c) transmitancia promedio para 75 W y 95 W, y d) variación del espesor con el incremento de  $O_2$ .

### Etapa 2

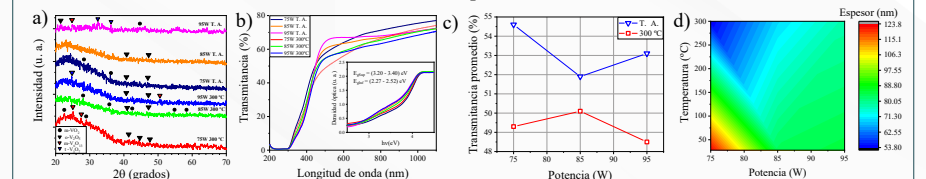


Fig. 4. Caracterización estructural y óptica de las películas de  $V_xO_y$  en función de la temperatura del sustrato y la potencia de depósito: a) patrones XRD con carácter amorfo y presencia de fases mixtas, b) espectros de transmitancia y gráfica tipo Tauc (inserto), c) transmitancia promedio para distintas potencias y temperaturas, y d) mapa de contorno del espesor obtenido por interferometría óptica.

### Etapa 3

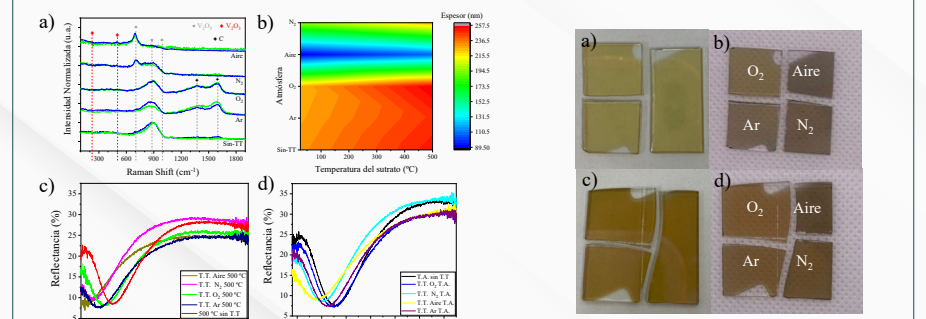


Fig. 5. Caracterización estructural y óptica de películas de  $V_xO_y$ , tratadas a 500 °C: a) espectros Raman que muestran la formación de  $V_2O_5$  en aire, b) mapa de espesor según temperatura y atmósfera, c) reflectancia con y sin tratamiento térmico, y d) comparación bajo distintas atmósferas.

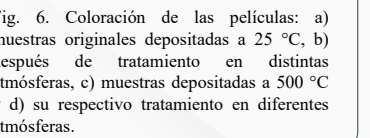


Fig. 6. Coloración de las películas: a) muestras originales depositadas a 25 °C, b) después de tratamiento en distintas atmósferas, c) muestras depositadas a 500 °C y d) su respectivo tratamiento en diferentes atmósferas.

## CONCLUSIÓN

Las películas de  $V_xO_y$  depositadas fueron amorfas, atribuible a las condiciones de crecimiento fuera del equilibrio. El espectro Raman reveló la presencia de fases amorfas asociadas a  $V_2O_5$ . A partir de los espectros UV-Vis y las gráficas de Tauc se determinaron anchos de banda prohibida entre 2.27–2.52 eV y 3.20–3.49 eV, lo que sugiere la coexistencia de transiciones directas e indirectas. Los espesores disminuyeron al incrementar la temperatura de sustrato. Finalmente, los tratamientos térmicos a diferentes atmósferas mostraron cambios en la coloración de las muestras, más oscuras en  $N_2$  y Aire; así como espesores mayores bajo atmósfera de Ar y menores en Aire.

## AGRADECIMIENTOS

A LANNBIO Cinvestav-Unidad Mérida por las mediciones (FOMIX-Yucatán No. 2008-108160). M. Loeza-Poot (CVU: 556332) agradece al SECIHTI por la beca posdoctoral.

## REFERENCIAS

[1] K. Shibuya and A. Sawa, *AIP Advances*, 2015.

[2] P. Shvets, O. Dikaya, K. Maksimova, and A. Gokhman, *J. Raman Spectrosc.*, 2019.

[3] R. Plugaru *et al.*, *Sensors*, 2023..



# REVISTA TÉCNICO CIENTÍFICA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LINARES

“El futuro depende de lo que hagamos en el presente”

— Mahatma Gandhi



**Educación**  
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



INSTITUTO  
TECNOLÓGICO DE LINARES



Red Nacional de  
Monitoreo  
y Recolección de  
datos