

Noviembre 2025

ISSN: 3061-7049

CONGRESO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y ENERGÍAS RENOVABLES

MEMORIAS DEL CONGRESO

CiDSE 2025



ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE DESARROLLO

ALDESER

SUSTENTABLE Y ENERGÍAS RENOVABLES



El **Congreso Internacional de Desarrollo Sustentable y Energías Renovables (CIDSER 2025)**, organizado por la *Asociación Latinoamericana de Desarrollo Sustentable y Energías Renovables (ALDESER)*, se llevó a cabo los días 3, 4 y 5 de noviembre de 2025 en modalidad presencial — en el GAMMA ORIZABA GrandHotel de France, Orizaba, Veracruz, México — y modalidad virtual a través de la plataforma Zoom.

El congreso ofreció un foro para que profesionistas, docentes, investigadores y estudiantes presentaran avances científicos, proyectos en desarrollo o resultados finales relacionados con desarrollo sustentable, energías renovables y áreas afines.

Las áreas temáticas cubiertas incluyeron: desarrollo sustentable (procesos sustentables, cambio climático, bioprocesos, economía circular, agricultura sustentable, gestión de residuos), energías renovables (solar, biomasa, biocombustibles, waste-to-energy, energías limpias), contaminación de agua, suelo y aire; bioinformática aplicada; diseño de procesos sustentables; así como otros tópicos relacionados con sustentabilidad y energía.

Durante el CIDSER 2025 se presentaron más de 130 ponencias en modalidad oral y cartel, tanto de manera presencial como virtual. Además, el congreso contó con cuatro conferencias magistrales y una mesa de discusión, que aportaron visiones especializadas y globales sobre la temática.

Las conferencias magistrales estuvieron a cargo de:

- Dr. Germán Ruiz Méndez (Director General de Fomento y Desempeño Urbano Ambiental Sostenible, SEMARNAT, México)
- Dr. Jorge Gabriel Vázquez Arenas (CMP+L, Instituto Politécnico Nacional, México)
- Dr. Raúl Muñoz Torre (Universidad de Valladolid, España)
- Dr. Alexandros Stefanakis (Technical University of Crete, Grecia)

Asimismo, se celebró una mesa de discusión titulada Integración multi-disciplinaria en proyectos de sostenibilidad: de la ingeniería al impacto social, moderada por el Dr. Jorge Ramírez Muñoz y la Dra. Alejandra Manuela Vengoechea Pimienta.

En estas Memorias del CIDSER 2025 se incluyen los trabajos aceptados en formato de resumen, con el propósito de conservar y difundir el conocimiento compartido durante el congreso, así como dejar constancia de las conferencias magistrales y la mesa de discusión, que enriquecieron el debate académico y profesional del evento.

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Alejandro Alvarado Lassman

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, México

Dr. Adrián Bonilla-Petriciolet

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Aguascalientes, México

Dr. Eva María Barea

Universidad Jaume I, Castellón de la Plana, España

Dr. Carlos Astorga-Zaragoza

Tecnológico Nacional de México / Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, México

Dr. Jesús Rodríguez-Romero

Universidad Nacional Autónoma de México / Facultad de Química, México

Dr. Florentina Zurita-Martínez

Centro Universitario de Ciencias de la Información, Universidad de Guadalajara, México

Dr. Carlos Velasco-Santos

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Querétaro, México

Dr. Ana Laura Martínez-Hernández

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Querétaro, México

Dr. Jorge Ramírez-Muñoz

Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México

Dr. Raúl Snell-Castro

Centro Universitario de Ciencias e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, México

Dr. Juan Manuel Méndez-Contreras

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, México

ÍNDICE

¿Un camino viable? El litio y la transición energética	1-2
Yolanda Mexicalxóchitl García-Beltrán	
Recuperación de materias primas críticas a partir de relaves mineros por electrodeposición con electrodos de acero 316L, para el tratamiento de aguas	3
Joaquín Aburto-Hole, Diógenes Hernández y Pablo Acuna	
Impacto de las condiciones de almacenamiento en la estabilidad de la oleuropeína, el hidroxitirosol y el tirosol en el orujo de aceituna	4
Diógenes Hernández-Espinoza, Joaquín Díaz-Espinosa, Joaquín Aburto-Hole y Harald Puratich-Fernández	
Repelente orgánico a base de las pencas de <i>Agave durangensis</i> subproducto del mezcal para el control de plagas caseras	5
Mónica Yazmín Flores-Villegas, Daniela Mitzuko Carrillo Aguilar, Elena Carillo Rodríguez y María Berenice González-Maldonado	
Evaluación del cultivo de microalga <i>Chlorella vulgaris</i> para la biorremediación de agua residual de la industria azucarera	6
Luciana Poot-Tamer, Eduardo Hernández-Aguilar, Tania García-Herrera, Joaquín Estrada-García y Nayeli Gutierrez-Casiano	
Secado solar de hojas de aguacate (<i>Persea americana</i>)	7
Alfredo Domínguez Niño, Paulina Guillén Velázquez, Andrea Paola Maya, Margarita Castillo Téllez y Octavio García Valladares	
Tratamiento de aguas residuales urbanas usando Humedales Artificiales con plantas ornamentales	8
Vladimir Nolasco Torres, Luis Alfredo Hernández-Vásquez, Mauricio Rojas-Ascensión, Luis Carlos Sandoval Herazo, Alejandro Alvarado Lassman, Gregorio Hernández-Salinas, Emanuel de Jesús Ramírez-Rivera y Miguel Ángel Vega Ortega	
Evaluación de la actividad antibacterial de nanopartículas de ZnO y ZnO-Ag obtenidas mediante síntesis verde con extracto de <i>Tagetes erecta</i> frente a <i>Staphylococcus aureus</i>	9
María de J. López-López, Juan R. López-López, Miguel A. Hernández Chavez, Martha E. Vázquez-Ontiveros, Maritza E. Cervantes-Gaxiola, José M. Herrera-Ramírez, Héctor Flores-Villaseñor, Nidia Leon-Sicairos, Adrián Canizalez-Roman y Perla F. Méndez-Herrera	
Impacto de la migración sobre la producción de carbon vegetal en la Sierra de Zongolica, Veracruz	10
Claudia Ivet Contreras Hernández, Miguel Ángel Vega Ortega y Sergio Ignacio Gallardo Yobal	
Aplicación Foliar de NPs de Zn como Nanofertilizante, y su efecto en combinación con Biofertilizantes en Plántulas de Frijol	11
Elsy Rubisela López-Vargas, Diego Hidalgo-Martínez, Marissa Pérez Alvarez, Gregorio Cadenas-Pliego, Elvia Becerra-Martínez y Alma Delia Hernández-Fuentes	
Estudio y análisis de la calidad de la energía de un Transformador Trifásico del Polo Laboratorio del IT de Tuxtla Gutiérrez para Cumplir Normas y alcanzar la eficiencia energética	12-13
Luis Alberto Pérez Lozano, Avisai Sánchez Alegría, Rubén Herrera Galicia, Karlos Velazquez y Gabriel Sánchez Alfaro	

Diseño y ubicación de un sistema de recolección de energía eólica eficiente a bajas velocidades para vehículos eléctricos	14
Daniel Arturo Maciel-Fuentes, Eliel Carvajal-Quiroz y Rubén Vázquez-Medina	
Diseño e implementación de un sistema de control de inventario en una empresa de ensamble de paneles solares fotovoltaicos	15
Hilda Saucedo-Rivalcoba, Gregorio Hernández-Salinas, Adela Morales-Vásquez y María del Carmen Castillo Rojas	
Comparación de la composición iónica del depósito húmedo atmosférico en dos épocas distintas en Campeche	16
Alberto Antonio Espinosa-Guzmán, Rodolfo Sosa-Echeverría, Ana Luisa Alarcón-Jiménez y Pablo Sánchez-Álvarez	
<i>Metarhizium anisopliae</i> como endófito para la estimulación del crecimiento y producción de fitohormonas en <i>Solanum lycopersicum</i>	17
Estefanía Paola Severo-Martínez, Tania Volke-Sepulveda y Nancy Velasco- Alvarez	
Codigestión anaerobia de lactosuero y purines vacunos para transitar hacia la circularidad	18
María Rebollo-Sampedro, Esther Acha , Estibaliz Sáez de Cámara, Erlantz Lizundia y Ion Agirre	
Conversión hidrotermal de residuos de aguacate: proceso sostenible para la producción de compuestos fenólicos	19
B. Esquivel-Elisalde, C.S. Martínez-Sánchez, S. Sabino-Sánchez, I.S. Sanluis-Altamirano, X. Lozada-Galván, R. Rios-Escobedo, C. García-Mendoza, G. Contreras-Zarazúa, C.E. Santolalla-Vargas, M.E. García-Pérez, J.A. de los Reyes y V.A. Suárez Toriello	
Síntesis y caracterización de TiO_2 dopado con Ho^{3+} con potencial aplicación en celdas solares de perovskita	20
Keydis Amado-Méndez, Geonel Rodríguez-Gattorno y David Meneses-Rodríguez	
Producción de H_2 por reformación catalítica de glicerol o etanol separando CO_2	21
Figueroa Aragón Anabel, Contreras Larios José Luis, López Medina Ricardo, González Naomi, Triano Carballo José Manuel, Tapia Medina Carlos Rogelio y Pala Rosas Israel	
Factores de influencia para la transferencia tecnológica de sistemas biodigestores de bajo costo. Caso de estudio: Zonas rurales sudcalifornianas	22
Deneb Peredo Mancilla, Edwin Zelaya Benavides, Damaris Fernández Escamilla y Alfredo Bermúdez Contreras	
Eliminación de amoxicilina en aguas residuales domésticas mediante un reactor biológico de lecho fijo y detección de bacterias resistentes	23
María del Rocío Duarte-Martínez, Aldo Amaro-Reyes, Juan Campos-Guillen, Vanessa Vallejo-Becerra, Héctor Paul Reyes-Pool y José Alberto Rodríguez-Morales	
Control de altura variable en torre eólica según velocidad del viento para aumento de generación eléctrica	24
Marco Antonio Islas-Herrera, Daniel Hernández-Rivera, Jorge Miguel Jaimes-Ponce, Iván López-Ramírez y Diego Josué Martínez-Méndez	

Evaluación de la Huella de Carbono en la Producción de Lípidos Microalgales y la Cogeneración de Potencia a partir de Biogás	25
Abraham de la Cruz-Rodríguez, Moisés A. Petriz-Prieto, Micael G. Bravo-Sánchez, María de los Ángeles Olán-Acosta, Juan Barajas-Fernández y Esveidi M. Valdovinos-García	
Análisis de sistemas de combustión indirecta extendida acoplado a turbinas de aire húmedo	26
Joana Patricia Sánchez-Flores, Esveidi Montserrat Valdovinos García y Moisés Abraham Petriz Prieto	
Determinación del beneficio de sustentabilidad en la red de producción de acrilonitrilo	27
Isaac Giovanni Meza Martínez, Sergio Frausto Hernández y Carlos Eduardo López Landeros	
Inmovilización de células <i>Saccharomyces bayanus</i> en soportes geopoliméricos a base de metacaolín y nano sílice	28
Daniela J. Cruz-Avilés, Pedro E. Lázaro-Mixteco, Agustín J. Castro-Montoya, Ana A. Vargas-Tah y Maritza A. Montañez-Cervantes	
Localización y caracterización de planta higuera en el sur del Estado de Aguascalientes	29
Valeria Adaly Carmona-García, Raúl Arturo Ortiz-Medina, Adrián Gómez-González, Victor Arturo Maldonado-Ruelas y Ana Gabriela Gutierrez-Mata	
Papel de la producción de ácido oxálico en la interacción con cromo en la cepa Ed8 de <i>Aspergillus tubingensis</i>	30
J. Carlos Bautista-Bautista, C. Ernesto Barajas-Moreno, Itzel Morales-Vargas, Fernando Santos-Escobar, Pamela Romo-Rodríguez y J. Félix Gutiérrez Corona	
Modelo de un reactor catalítico de lecho fijo para producir H₂ a partir de Bioetanol	31
Iván Martínez Cervantes, José Luis Contreras Larios, Anabel Figueroa Aragón, José Salmenes Blazquez, Beatriz Zeifert, Carlos Tapia Medina, Ricardo Luna Paz, Naomi N. Hernández Gonzalez y Israel Pala Rosas	
Diseño de un Sistema de Gestión Térmica con Materiales de Cambio de Fase para Vehículos Automotrices	32
K. Carranza-Herrejon, C. del C. Gutiérrez-Torres y J. A. Jiménez-Bernal	
Innovación y modelos de negocio en la transición energética	33-34
Alida Ramirez-Jimenez y Quetzalcoatl Hernandez-Escobedo	
Comparación de características agro-morfológicas de maíces nativos bajo distintos esquemas de manejo en la Sierra de Zongolica, Veracruz	35
Gregorio Hernández-Salinas, Jaime Tecpile-Cortes, Sergio Reyes-Rosas, Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera, Adela Morales-Vásquez, Cristal Arany Guerrero-Ortiz, Francisco Javier Mejía-Ochoa y Mayra Y. De La Cruz-De Jesús	
Economía circular de la producción de la síntesis de TiO₂ con zacate limón	36
María del Pilar Rodríguez-Rojas, Victoria Bustos Terrones y Horacio Martínez Valencia	
Valorización de biomasa lignocelulósica para la producción de xilobiosa mediante extractos enzimáticos fúngicos	37-38
Evelyn Romero-Borbón y Jesús Córdova-López	
Evaluación ecotoxicológica del <i>Sargassum</i> spp. en el suelo usando lombrices de tierra como bioindicadores	39
Mayela Martínez Cano y Ángel Isauro Ortiz-Ceballos	

Desarrollo y evaluación de microgasificadores que usan pellets como biocombustibles	40
Jorge Emigdio Sánchez-Pólito, Alfredo Fuentes-Gutiérrez y Raúl Tauro	
Desarrollo de un biofertilizante a partir de <i>Pontederia crassipes</i>: una estrategia agroecológica para la región Huasteca, México	41
Nilda Edith Medellín-Castillo, María Graciela Hernández-y Orduña y Cynthia Wong-Argüelles	
Análisis del potencial biofotovoltaico de <i>Nannochloropsis oculata</i> en cultivo por lotes	42-43
Manuel Castro Varela, Jesús García Pereyra, Leonardo Ibarra-Castro, Juan Manuel Martínez-Brown y Angel Rojo-Cebreros	
Síntesis verde por microondas y optimización MSR-DCC de un hidrogel superabsorbente basado en goma de xantana	44-45
Ulises Velasco Lozano, Raúl Ávila Sosa Sánchez, Ricardo Munguía Pérez, María Elena Ramos Cassellis, Anabella Handal Silva y María Teresa Zayas Pérez	
Evaluación de la eficiencia de un sistema de humedal con hidrochar de residuos cítricos en el tratamiento de aguas residuales piloncilleras	46-47
Arely González-Serrano, Ofelia Landeta-Escamilla, Norma Alejandra Vallejo-Cantú, Alejandro Alvarado-Lassman, Angel de Jesús Trujillo- Pacheco, Erik Samuel Rosas-Mendoza	
Hidrólisis fisicoquímica sobre el endocarpio de vaina de mezquite para la obtención de azúcares fermentables	48-49
Silvana Vázquez-Maldonado, Alejandro Téllez-Jurado y Rogelio Pérez-Cadena	
Evaluación del desempeño microbiológico y toxicidad en humedales construidos de flujo horizontal superficial con especies ornamentales para el tratamiento de lixiviados	50
María Guadalupe López-Landero, Jacel Adame-García y Óscar Marín-Peña	
Concentración de Energía solar con lentes Fresnel aplicado a reciclaje de polímeros	51
Ma. Guadalupe Plaza, José de Jesús Pérez Bueno, Joaquín Pérez Meneses, Guillermo Eduardo Mejía Hernández y María Luisa Mendoza López	
Obtención del modelo dinámico de una columna de destilación preconcentradora para la producción de bioetanol	52-53
Christopher Gabriel Vieyra-Navarro, Ari García-Aguirre, César Augusto Nava-Arriaga, Isaac Gael Vite-Cervantes, Salvador Hernández-Castro, Héctor Hernández-Escoto y María Dolores López-Ramírez	
Determinación de las propiedades adsorbentes de pasto común para la remoción de Cr [VI]	54
Pablo Hernández Olmos, Héctor Hernández Escoto, Fernando Santos Escobar y Félix Gutiérrez Corona	
Microplásticos en sedimento del Río Nautla	55-56
Gleybis Hernández-Morales, Humberto Raymundo González-Moreno y Luis Alberto Peralta-Peláez	

¿Un camino viable? El litio y la transición energética

Yolanda Mexicalxóchitl García-Beltrán *

Programa de Energía, El Colegio de México. Ciudad de México, México

* Autor de correspondencia: ymgb1988@gmail.com; Tel.: (+52 5513609598)

Otros relacionados con desarrollo sustentable o energías renovables (Litio y transición energética)

Recibido: 27 de marzo de 2025

Aceptado: 3 de junio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: transición energética; litio; minerales críticos; energía y sociedad; energías renovables

Introducción. El litio es hoy uno de los minerales estratégicos para la transición energética debido a sus características físico-químicas (altamente reactivo al agua y el oxígeno, liviano y con potencial electroquímico), que lo hacen un elemento idóneo para el almacenamiento de energía y, por ende, para ser implementado en dispositivos diversos que van desde celulares hasta paneles solares y autos eléctricos. Se encuentra en diferentes tipos de depósitos: pegmatitas o rocas, arcilla y salmueras de naturaleza diversa (salmueras de lagos salados continentales, salmueras geotérmicas y salmueras de yacimientos petrolíferos).

Hoy en día las tecnologías menos contaminantes son clave, y dicha transición se ha transformado a través del tiempo, adaptándose para no perder continuidad y manteniéndose como una preocupación central en la agenda política en materia ambiental. Hoy en día, por ejemplo, los minerales estratégicos, y precisamente el litio, son elementos que han ampliado el debate sobre la sustentabilidad y la sostenibilidad de esta transición, tal como han documentado Azamar (2022), Fornillo (2019) y Núñez (2019). Por ello, en este trabajo se ofrece, en primera instancia, una perspectiva global de las energías renovables para, posteriormente, centrarnos en el caso mexicano y en la demanda creciente de litio en nuestro país y en el mundo. Por último, se analizan los casos de aquellos grandes productores de este mineral en América Latina (Chile y Argentina) y de los países que contienen importantes reservas de este recurso para reflexionar sobre la situación de México, hacia donde se encamina en el corto y mediano plazo y, finalmente, qué enseñanzas puede obtener de las naciones latinoamericanas con más experiencia en el mercado de litio, concretamente en el aspecto socioambiental.

Se concluye que, a pesar de la producción creciente, la explotación de litio es aún incipiente en la región y que, además, aunque los Estados han jugado un papel central al nacionalizarlo o intentar involucrarse en su cadena productiva, su alcance es parcial. Finalmente, las implicaciones socioambientales de la extracción de litio parecen estar en el limbo.

Materiales y Métodos. La metodología empleada es de tipo cualitativo. En primera instancia, se parte de una extensa revisión documental que incluye artículos en revistas especializadas y capítulos de libro de académicos y científicos expertos en el tema como Azamar (2022), Mora (2023), Valdez, Cabanillas, Armenta y Patiño (2023). Además, se incluye la consulta de notas periodísticas y documentos oficiales emitidos por los gobiernos de Chile, Argentina y México. En este último caso, se enfatizan aquellos relacionados con Litio para México (LitoMx). Por último, se consultó material audiovisual tal como videos documentales y entrevistas. En esta revisión se realizó un análisis comparativo para comprender cómo el Estado regula la extracción del litio y la transición energética para contar con un diagnóstico global, encontrar similitudes y diferencias que lleven a hacer un balance del papel de México en este contexto.

Además, en un futuro se plantea la realización de observación no participante y entrevistas abiertas con los distintos actores involucrados en el tema del litio en Sonora y Baja California, (elección

que permitirá documentar dos casos en el norte del país que corresponden también a los proyectos más avanzados): comunidades, funcionarios públicos, figuras del sector privado, académicos, etc, para contar con un mapeo que permita entender cómo se interrelacionan los distintos involucrados y hacia dónde se perfila la industria así como sus implicaciones socioambientales.

La figura 1 muestra las diferencias en los impactos de la extracción del litio que se encuentra en roca dura (pegmatitas) y en salmuera: mientras los primeros emiten más emisiones contaminantes, los segundos requieren una mayor cantidad de agua.

Resultados. La importancia estratégica del litio radica en su relación directa con otras energías renovables, por ejemplo, la solar, que requiere de baterías de almacenamiento, o los autos eléctricos, cuyo crecimiento en los próximos años se tiene contemplado y, en general, resulta deseable. Por ello, este aspecto no debe de perderse de vista y, más aún, debe agregarse a la discusión, lo que lleva en consecuencia a cuestionar la viabilidad de la transición energética, su carácter sustentable y la necesidad de los llamados “minerales críticos” como el cobre, el cobalto, el manganeso y, por supuesto, el litio, que son elementos con una gran importancia económica pero que no se presentan en cantidades abundantes en el mundo por causas naturales, o bien, por la complejidad que su extracción requiere lo que hace que, en lo general, exista mayor demanda que oferta y que sean claves para el desarrollo mundial y, de hecho, para obtener un mayor poder político y financiero.

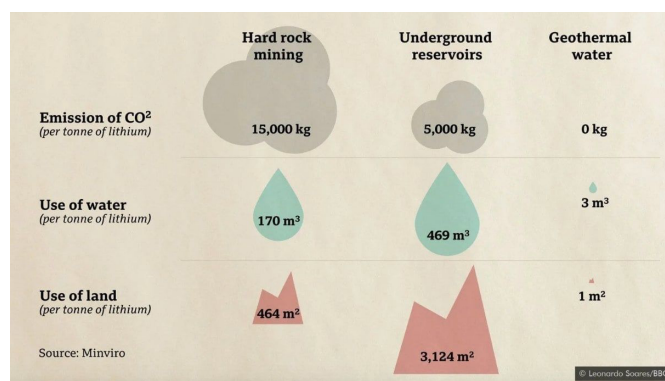


Figura 1. Impactos ambientales de la extracción de litio por tipo de yacimiento. Fuente: Leonardo Soares/BBC en Early, C. (2020). The new 'gold rush' for green lithium. BBC. 24 de noviembre. Consultado en <https://www.bbc.com/future/article/20201124-how-geothermal-lithium-could-revolutionise-green-energy>

Conclusiones. La investigación realizada permite concluir que actualmente los países latinoamericanos llevan a cabo ejercicios similares en cuanto a la adopción de leyes que les permitan beneficiarse del comercio de litio, aunque con acotaciones precisas como en el caso de Argentina, que ha tenido una mayor apertura al sector privado. No obstante, el alcance de estas medidas ha sido parcial debido a que, por ejemplo, en Chile la Estrategia Nacional de Litio impulsada por el presidente Gabriel Boric está por consumarse,

dejando pendiente la creación de una empresa estatal de litio, en Argentina la inconformidad social ante los proyectos litíferos crece cada vez más y en México se percibe muy lejana su extracción.

Por ello, este estudio propone el concepto *nacionalización disminuida*, para problematizar el papel que han jugado los Estados latinoamericanos en la gestión del litio el cual, por diversos factores, no ha tenido la rentabilidad esperada. Caso aparte, el caso de Bolivia lo ejemplifica muy bien: a pesar de contar con las mayores reservas de litio en el mundo, ha sido incapaz de extraerlo ni comercializarlo a gran escala.

Bibliografía.

- Argento, M. Slipak, A y Puente, F. (2022). El litio y la acumulación por desfosilización en Argentina en Svampa Maristella y Pablo Bertinat (Coords.) *La transición energética en la Argentina. Una hoja de ruta para entender los proyectos en pugna y las falsas soluciones*. Argentina: Siglo XXI.
- Azamar, A y Téllez, I. (2022) *Minería en México: Panorama ambiental, social y económico*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Azamar, A. (2022). *Litio en América Latina. Demanda global contra daño socioambiental*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Barkin, D. (1998). *Riqueza, pobreza y desarrollo sustentable*. México: Editorial Jusy Centro de ecología y Desarrollo.
- Buenaventura, P. (2017). *La gestión cultural: laboratorio social para el desarrollo del Caribe*. Colombia: Universidad Simón Bolívar.
- Díaz, M. (2018). El litio, su minería y sus efectos en *Energía & Minas: Revista Profesional, Técnica y Cultural de los Ingenieros Técnicos de Minas*, 14, pp. 86-89.
- Early, C. (2020). The new 'gold rush' for green lithium. *BBC*. 24 de noviembre. Consultado en <https://www.bbc.com/future/article/20201124-how-geothermal-lithium-could-revolutionise-green-energy>
- Fornillo, B y Gamba, M. (2019). Industria, ciencia y política en el Triángulo del Litio en *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 58 (20), pp. 1-32.
- Fornillo, B. (2019). *Litio en Sudamérica. Geopolítica, energía y territorios*. Argentina: El Colectivo-CLACSO.
- Fornillo, B. (2023). Las fronteras latinoamericanas del litio en *Nueva Sociedad*, 306, pp. 1-20.
- Gobierno de Argentina. (1993). *Código de minería*. Buenos Aires: Honorable congreso de la nación argentina.
- Gobierno de Chile. (2023). *Estrategia nacional de litio: por Chile y su gente*. Santiago: Gobierno de Chile.
- Gobierno de México. (2023). *Ley de minería*. Ciudad de México: Cámara de Diputados.
- Gobierno de México. (2024). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Ciudad de México: Gobierno de México.
- Kazimierski, M. y Argento, M. (2021). Más allá del petróleo. En el umbral de la acumulación por desfosilización en *Relaciones Internacionales*, 30 (61), pp. 209-231.
- Mandujano, J. (2023). La producción de zonas de sacrificio corpoterritoriales para la transición energética en *Ecología Política*, 65, pp. 116-121.
- Montenegro, J.C (2018). El modelo de industrialización del litio en Bolivia en *Revista de Ciencias Sociales* (34), pp.69-82.
- Mora, F. de J. (2023). *La construcción social del litio en Sonora y México: cronología de su creación*. México: Universidad de Sonora.
- Núñez, V. (2022). *La batalla por el litio en México*. México: EntreTejas.
- Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina. (2019). *Marco normativo del litio chileno*. Santiago: OLCA.
- Secretaría de Minería. (2021). *Informe litio*. Buenos Aires: Ministerio de Desarrollo Productivo.
- Valdez, M. Cabanillas, A y Patiño, X. (2023). Perspectivas de la extracción de litio en México y sus impactos socioambientales en *Revista de Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*. 12, pp. 83-98.

Recuperación de materias primas críticas a partir de relaves mineros por electrodeposición con electrodos de acero 316L, para el tratamiento de aguas

Joaquín Aburto-Hole ^{1,2}, Diógenes Hernández ^{2,3,*} y Pablo Acuna ⁴

¹ Programa de Doctorado en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca, Curicó, Chile

² Laboratorio Ambiental de Gases y Biocombustibles (LAGBIO), Universidad de Talca, Curicó, Chile

³ Departamento de Tecnologías Industriales, Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca, Curicó, Chile

⁴ Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca, Curicó, Chile

* Autor de correspondencia: dhernandez@utalca.cl

Desarrollo Sustentable (Gestión y aprovechamiento de residuos sólidos)

Recibido: 1 de abril de 2025

Aceptado: 3 de junio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Revalorización, Relaves, Electrodeposición, CRM, Residuos sólidos

Introducción. A nivel mundial, los relaves mineros alcanzan 282.5 Bton métricas (*Global Tailings Review*, 2020), con Chile aportando más de 13700 Mton (SERNAGEOMIN, 2023). Estos residuos, contienen materias críticas como Cr, Cu, Ti, Ni, V, REE, Au y Ag, esenciales en la fabricación de tecnologías emergentes (Lebrouhi *et al.*, 2022; Rosario-Beltré *et al.*, 2023; Sarker *et al.*, 2022). Para su recuperación, se han estudiado métodos como flotación, lixiviación, separación magnética y biolixiviación (Sailash *et al.*, 2021), aunque con limitaciones de eficiencia y sostenibilidad. En este contexto, este estudio propone un proceso experimental basado en electrodeposición para recuperar materias primas críticas (CRM's por sus siglas en inglés) de relaves no tratados químicamente. Se emplearon electrodos de acero 316L, evaluando amperajes, distancias entre electrodos y tiempos de operación. Esto resalta la importancia de la distancia en la densidad de corriente y la variación en la concentración elemental obtenida según se aplique una corriente mínima o máxima.

Materiales y Métodos. Se utilizó relave generado por una minera Au-Ag, Cu en la región del Maule, Chile. El material fue analizado de forma fisicoquímica por triplicado, determinando la humedad, densidad, ceniza, granulometría, sólidos soluble y totales por métodos gravimétricos. Mientras que el pH, potencial de oxido reducción (ORP), conductividad utilizando un multímetro (EZDO, PL-700AL), y la composición elemental por espectrometría de absorción atómica (EAA) (Analytik Jena, Nova 800). Las propiedades medias del relave se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades del relave

Propiedades	Método	Valores
Granulometría (μm)*	Gravimétrico	62.81 $\pm$ 0.1
Densidad (g cm^{-3})*	Gravimétrico	1.91 $\pm$ 0.07
Sólidos solubles (m/m%)*	Gravimétrico	1.44 $\pm$ 0.15
pH*	Sensor	5.78 $\pm$ 0.36
ORP Eh (mV)*	Sensor	113 $\pm$ 6
Conductividad (μS)*	Sensor	831 $\pm$ 29
Cu (ppm)**	EAA	1074 $\pm$ 3
Co (ppm)**	EAA	735 $\pm$ 1
Cr (ppm)**	EAA	2841 $\pm$ 9

* 80% pasante (P80) *estado acuoso ** estado seco

Se realizó un proceso de electrodeposición en las condiciones MinPC y MaxPC durante un periodo de 1, 12, 24, 120, 240, 360, 480 y 600 horas (h). Con MaxPC a 8 cm de distancia y 100 mA cm^{-2} , mientras que MinPC a 3 cm de distancia y 1 mA cm^{-2} . Al realizar la electrodeposición, se marcó el ánodo como A y cátodo como B. Se utilizó una fuente de alimentación (Rigol, DP832A) de límite 60 volts (V) y 5 A con una sensibilidad en ± 1 mV y mA. Finalmente, se determinó la composición química de Cu, Co y Cr en el material depositado en los electrodos.

Resultados. En la Figura 2, se expone que en MinPC y MaxPC se generó corrosión en ambos electrodos, pero es más profunda y extendida en MaxPC. Adicionalmente, se presentan comportamientos logarítmicos

en la adhesión de material en el electrodo A y exponenciales en el electrodo B.

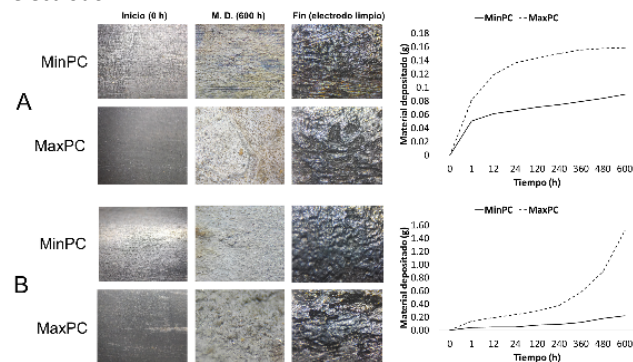


Figura 1. Electrodeposición en MinPC y MaxPC

En la Tabla 2 se presentan las concentraciones del material depositado en los electrodos en MinPC y MaxPC. En ambos casos existe un incremento en las concentraciones, pero en el caso de MinPC el enriquecimiento del Cu es casi 6 veces mayor al material inicial, mientras que el Co y Cr es casi 2 veces.

Tabla 2. Concentraciones de materias primas críticas

Propiedades	Método	MinPC	MaxPC
Cu (ppm)**	EAA	6412 $\pm$ 17	2198 $\pm$ 15
Co (ppm)**	EAA	1108 $\pm$ 11	782 $\pm$ 14
Cr (ppm)**	EAA	4137 $\pm$ 19	3245 $\pm$ 20

Conclusiones. El proceso de electrodeposición es un método que permite la recuperación de materias primas críticas desde los relaves mineros. Pese a que condiciones de alta (MaxPC) y baja (MinPC) densidad de corriente aumentaron la concentración de los elementos, a baja densidad se permite una mayor concentración de estos.

Agradecimientos. Proyecto FONDECYT regular 1240819, ANID.

Bibliografía.

- Global Tailings Review*. (2020). <https://globaltailingsreview.org>
- Lebrouhi, B. E., Baghi, S., Lamrani, B., Schall, E., & Kousksou, T. (2022). Critical materials for electrical energy storage: Li-ion batteries. *Journal of Energy Storage*, 55(PB), 105471. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105471>
- Rosario-Beltré, A. J., Sánchez-España, J., Rodríguez-Gómez, V., Fernández-Naranjo, F. J., Bellido-Martin, E., Adánez-Sanjuán, P., & Arranz-González, J. C. (2023). Critical Raw Materials recovery potential from Spanish mine wastes: A national-scale preliminary assessment. *Journal of Cleaner Production*, 407(December 2022), 137163. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137163>
- Sailash, A. R. A. M., Ramakrishna, C. H., & Kumar, K. S. (2021). A review on application of electroremediation technique in different environmental samples. *pollution research*, 40(3), 948–954. http://www.envirobiotechjournals.com/article_abstract.php?aid=11713&iid=336&iid=4
- Sarker, S. K., Haque, N., Bhuiyan, M., Bruckard, W., & Pramanik, B. K. (2022). Recovery of strategically important critical minerals from mine tailings. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(3), 107622. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107622>
- SERNAGEOMIN. (2023). Depósito de Relaves. <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>

Impacto de las condiciones de almacenamiento en la estabilidad de la oleuropeína, el hidroxitirosol y el tirosol en el orujo de aceituna

Diógenes Hernández-Espinoza ^{1,2*}, Joaquín Díaz-Espinosa ², Joaquín Aburto-Hole ² y Harald Puratich-Fernández ³

¹ Department of Industrial Technologies, Faculty of Engineering, University of Talca, Box 747, Talca, Chile.

² Environmental Laboratory of Gases and Biofuels (LAGBIO), University of Talca, Box 747, Talca, Chile.*

³ Escuela de Ingenierías y Tecnologías, Universidad Gabriela Mistral, Andrés Bello 1337, Providencia, Santiago, Chile.

* Autor de correspondencia: dhernandez@utalca.cl

Desarrollo Sustentable (Gestión y aprovechamiento de residuos sólidos)

Recibido: 1 de abril de 2025

Aceptado: 3 de junio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Residuo agroindustrial; Alperujo; Oleuropeína; Hidroxitirosol; Tirosol

Introducción. La producción de aceite de oliva genera residuos como el alperujo, los cuales presentan un sustancial impacto ambiental (Gálvez-Pérez *et al.*, 2021). Este residuo es rico en compuestos valiosos como oleuropeína (OL), tirosol (TI) e hidroxitirosol (HT) (Difonzo *et al.*, 2021), con aplicaciones farmacéuticas (Pérez-Bonilla *et al.*, 2014). La variabilidad en sus concentraciones depende de las condiciones de almacenamiento, lo que es clave dado su alto volumen estacional (Contreras *et al.*, 2020). Este estudio analiza la variabilidad de OL, TI y HT en alperujo almacenado a la intemperie (AL) y bajo techo (BT), determinando el período óptimo para su extracción. Promover su conservación puede mejorar la gestión de residuos en la industria olivícola, generando beneficios económicos y sustentabilidad.

Materiales y Métodos. Se analizaron muestras de alperujo de dos molinos en Chile (OC1 y OC2), obtenidas de los ductos de residuos y almacenadas en contenedores de 100 L. Se almacenaron al aire libre (AL) y bajo techo (BT) en la Universidad de Talca, en triplicado. Cada mes, durante seis meses, se extrajeron muestras de 1 kg de la parte superior e inferior de cada contenedor. Se analizó humedad (AOAC 945.15), proteínas (Kjeldahl, AOAC 979.09), cenizas (AOAC 940.26), fibra cruda (AOAC 920.169), grasas (Soxhlet, AOAC 963.15), contenido fenólico total (Folin-Ciocalteu) y pH.

Se analizaron 8 muestras mensuales (2 condiciones X 2 zonas X 2 variedades de alperujo). Los compuestos (OL, HY y TY) fueron cuantificados mediante HPLC-DAD, con estándares de >95% pureza. La extracción se realizó con metanol/agua (80/20) y agitación ultrasónica. El análisis cromatográfico utilizó una columna C-18 Thermo Scientific y una fase móvil con agua-fosfórico, metanol y acetonitrilo. Las curvas de calibración se construyeron con concentraciones de 100-5000 µg/mL. Se determinaron LOD y LOQ con %RSD ≤ 10%, logrando un coeficiente R=0.998.

Resultados. Respecto al mes inicial y final, el contenido de humedad no mostró variaciones significativas, mientras que la proteína disminuyó (-28,1% en OC1 y -22,7% en OC2). El poder calorífico aumentó en un 2,9% (OC1) y 15,9% (OC2), mientras que las grasas disminuyeron (-8,0% en OC1 y -30,9% en OC2). Los fenoles totales decrecieron en OC1 (-6,4%) y aumentaron en OC2 (26,4%).

En la Figura 1a, los valores de humedad reflejan un alza en los meses invernales debido a la lluvia, lo que pudo impactar en la solubilización de compuestos. El HT mostró una tendencia similar a OL (Figura 1b y 1c), con valores entre 98,3 y 267,5 µg/mL en AL y una menor variación en BT (145,4–280,8 µg/mL). En la parte superior de AL, las concentraciones disminuyeron drásticamente en los últimos tres meses. La concentración de OL presentó variaciones importantes en AL (221,8–584,3 µg/mL), con valores más bajos en la zona superior (Figura 1c). En BT, OL se mantuvo más estable, con concentraciones entre 358,7 y 583,3 µg/mL. Para el TI, los valores fueron más altos en OC2 (Figura 1d), oscilando entre 265,6 y 505,8 µg/mL en AL. Se observó una caída en los meses 3, 4 y 5, coincidiendo con el aumento

de humedad. En BT, TY varió entre 347,5 y 548,5 µg/mL, con mayor estabilidad en el fondo del almacenamiento.

El aumento de humedad pudo favorecer la solubilización y degradación de compuestos, afectando su concentración. El almacenamiento en BT mantuvo estables los niveles de OL, HT y TI, sugiriendo que esta condición permite conservar los compuestos hasta por tres meses, optimizando su recuperación en la industria farmacéutica y promoviendo una economía circular.

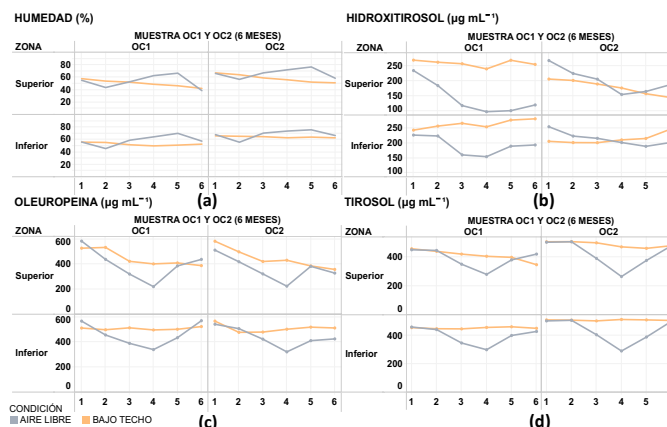


Figura 1. Variación en el contenido y las concentraciones de: (a) Humedad. (b) Hidroxitirosol. (c) Oleuropeína. (d) Tirosol.

Conclusiones. El estudio analiza la estabilidad de compuestos fenólicos en residuos de oliva durante seis meses, destacando la influencia de la humedad y las precipitaciones en su concentración. Se observó que el almacenamiento bajo techo preserva mejor los compuestos bioactivos, mientras que el almacenamiento al aire libre reduce significativamente su concentración después de tres meses, especialmente en los meses de mayor humedad. Estos resultados tienen implicaciones ambientales y económicas, promoviendo un uso más eficiente de los subproductos de la producción de aceite de oliva.

Agradecimientos. Proyecto FONDECYT regular 1240819, ANID.

Bibliografía.

- Contreras, M. del M., Romero, I., Moya, M., & Castro, E. (2020). Olive-derived biomass as a renewable source of value-added products. *Process Biochemistry*, 97(March), 43–56. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.06.013>
- Difonzo, G., Troilo, M., Squeo, G., Pasqualone, A., & Caponio, F. (2021). Functional compounds from olive pomace to obtain high-added value foods – a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(1), 15–26. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10478>
- Gálvez-Pérez, A., Martín-Lara, M. A., Calero, M., Pérez, A., Canu, P., & Blázquez, G. (2021). Experimental investigation on the air gasification of olive cake at low temperatures. *Fuel Processing Technology*, 213(September 2020). <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2020.106703>
- Pérez-Bonilla, M., Salido, S., van Beek, T. A., & Altarejos, J. (2014). Radical-Scavenging Compounds from Olive Tree (*Olea europaea* L.) Wood. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(1), 144–151. <https://doi.org/10.1021/jf403998t>

Repelente orgánico a base de las pencas de *Agave durangensis* subproducto del mezcal para el control de plagas caseras

Mónica Yazmín Flores-Villegas ¹, Daniela Mitzuko Carrillo Aguilar ², Elena Carillo Rodríguez ³ y María Berenice González-Maldonado ^{4,*}

¹ Ingeniería en Tecnología Ambiental, Universidad Politécnica de Durango, Durango, Dgo., México.

² Comisión Nacional Forestal, Guadalajara, México.

³ Centro de Bachillerato Tecnológico Número 89, Durango, México.

⁴ Entomología, Instituto Politécnico Nacional CIIDIR-Durango Durango, Dgo., México.

* Autor de correspondencia: bereciidir@hotmail.com

Desarrollo Sustentable (Gestión y aprovechamiento de residuos sólidos y agricultura sustentable)

Recibido: 2 de abril de 2025

Aceptado: 3 de junio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Plantas tóxicas; Penca de agave; Biorracional

Introducción. Los repelentes orgánicos elaborados a partir de extractos vegetales están ganando popularidad, ya que ofrecen un enfoque seguro y sostenible para el control de plagas. Estos repelentes se desarrollan a partir de plantas que contienen metabolitos secundarios como alcaloides, terpenos y polifenoles, los cuales interfieren en los procesos fisiológicos de los insectos, inhibiendo su capacidad de alimentarse o reproducirse (Ávalos-García & Pérez-Urria, 2019; Giraldo, 2022). Por lo que la presente investigación evaluó la repelencia generada por el repelente creado a base de pencas del *Agave durangensis* sobre plagas caseras.

Materiales y Métodos. Para crear el repelente orgánico se retiró la piel y espinas a las pencas para que se pudiera extraer la mayor cantidad de pulpa posible de cada una de ellas. De esta pulpa y fibra se obtuvieron 3500 gr, de los cuales solo se tomaron 1,500 gr. La pulpa se dejó reposar por 48 h en 2 L de metanol, enseguida paso a rotoevaporador a una temperatura de 63.2°C para extraer el metanol. Después de prepararon diluciones al 60, 70% y 80%. Se realizó una dieta para el insecto la cual fue impregnada con cada dilución y así medir el efecto repelente.

Se utilizaron 30 insectos de *Solenopsis invicta* por tratamiento con tres repeticiones cada experimento



Figura 1. Proceso de preparación del repelente orgánico

Tabla 1. Valores de repelencia

Valor de índice de repelencia IR*	Categoría
≥1.0	Sin repelencia
0.76-0.99	Repelencia débil
0.51-0.75	Repelencia moderada
0.26-0.50	Repelencia alta
0.0-0.25	Repelencia muy alta
Índice de repelencia (IR)= 2g/(G+P)	
G= porcentaje de insectos de cada tratamiento	
P= porcentaje de insectos en el testigo.	

Resultados. Se observó una repelencia buena, sobre todo en las dosis más altas, en donde se observó que las hormigas presentaron una desorientación la cual ocasiono caer boca arriba y con ligeros temblores o espasmos que se podían apreciar en sus antenas.

Tabla 2. Índice de repelencia obtenido para el control de hormigas

ÍNDICE DE REPELENCIA			
Extracto	60%	70%	80%
	0.016	0.017	0.017
	Repelencia muy alta	Repelencia muy alta	Repelencia muy alta
Control	Sin repelencia	Sin repelencia	Sin repelencia

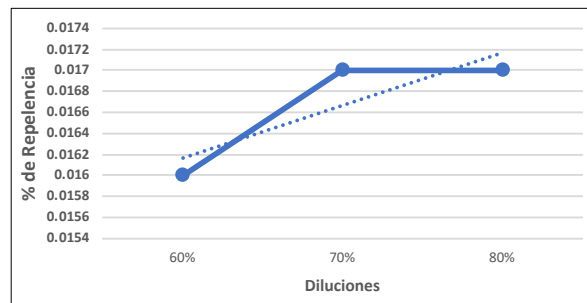


Figura 2. Repelencia de insectos por diluciones (60, 70 y 80%)

Conclusiones. El extracto presentó efecto repelente a las hormigas. Con un índice de repelencia de (0.07-0.4). Se concluye que el extracto de *A. durangensis* obtenido por el método de rotoevaporador tiene el mayor efecto repelente

Bibliografía.

- Ávalos-García, A. & E. Pérez-Urria. (2019). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología) Serie Fisiol. Veg.* 2: 119-145.
- Giraldo, L. S. H. (2022). Susceptibilidad y efectos genotóxicos de los plaguicidas. *Toxicología*, 255.
- González-Maldonado, M. B., & García-Gutiérrez, C. (2012). "Uso de biorracionales para el control de plagas de hortalizas en el norte de Sinaloa." *Ra Ximhai*, 8(3), 31-45.
- Khandelwal, S., Maheshwari, P., Jain, V., & Mahajan, S. C. (2023). Formulación y Evaluación de Insecticida Líquido a Base de Hierbas. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 13 (3), 43-59.

Evaluación del cultivo de microalga *Chlorella vulgaris* para la biorremediación de agua residual de la industria azucarera

Luciana Poot-Tamer ¹, Eduardo Hernández-Aguilar ², Tania García-Herrera ², Joaquín Estrada-García ² y Nayeli Gutierrez-Casiano ^{2,*}

¹ Maestría en Manejo y Explotación de los Agrosistemas de la Caña de Azúcar, Universidad Veracruzana, Peñuela, Veracruz, México

² Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz, México

* Autor de correspondencia: nagutierrez@uv.mx

Contaminación de agua, suelo y aire (Tratamientos biológicos)

Recibido: 2 de abril de 2025

Aceptado: 3 de junio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: *Chlorella vulgaris*, industria azucarera, aguas residuales, biorremediación, biomasa

Introducción. Cerca del 80 % del agua industrial en México resulta de seis sectores: azucarero, químico, petrolero, papeler, textil y de bebidas. De estos, el 50 % se destina para enfriamiento; 35 % a procesos; 5 % para calderas y 10 % para servicios. Siendo la agroindustria de caña de azúcar la principal generadora de aguas residuales (AR), descargando a menudo en ríos del sureste del país un promedio de 300 m³ de agua residual por una tonelada de caña procesada (Garay-Jacome *et al.*, 2022). El propósito de emplear microalgas en el tratamiento de aguas residuales del sector azucarero reside en aprovechar y convertir el nitrógeno y CO₂ en biomasa, lo que genera oxígeno (Gutiérrez-Casiano *et al.*, 2022). Este trabajo busca mejorar la calidad del efluente y su disponibilidad para la continua oxidación bacteriana de la materia orgánica en sistemas integrales. Este se lleva a cabo a través del ciclo de oxigenación fotosintética de aguas residuales.

Materiales y Métodos. La cepa de microalga que se utilizó fue *Chlorella vulgaris* Beijerinck 1890, con registro GVG001. Originalmente cultivada en Medio Bold Basal (BBM), fue expuesta a un sistema de cultivo con Agua Residual (AR) de un ingenio azucarero de la zona centro de Veracruz, México, utilizando un biorreactor tipo raceway modificado. Este se operó con 12 horas de iluminación a 9800 lux y 12 horas de oscuridad, y 19 RPM para la aireación, durante los 16 días que dura la cinética de crecimiento de la *Chlorella vulgaris*. La Tabla 1 presenta las variables evaluadas en el diseño de experimentos, el cual consistió en un solo factor: agua residual (carga contaminante), con dos niveles cuantitativos (75 % y 100 %) y tres réplicas.

Tabla 1. Variables de la biorremediación del AR azucarera.

Variable respuesta	Técnica/método	Equipo de medición
pH	NMX-AA-008-SCFI-2016	Potenciometro
Densidad celular	Modelo de Gompertz (Gutiérrez-Casiano <i>et al.</i> , 2022)	Microscopio y cámara de Neubauer
DBO ₅	NMX-AA-028-SCFI-2001	Espectrofotometro UV-VIS
DQO	NMX-AA-030/2-SCFI-2011	Espectrofotometro UV-VIS

La caracterización del AR de caña de azúcar se realizó por medio de los parámetros establecidos por la Norma Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021.

Resultados. El agua residual de la industria azucarera tuvo inicialmente un pH de 4.58, valor por debajo del límite mínimo establecido por la NOM-001-SEMARNAT-2021. Después del tratamiento en los dos niveles experimentales se obtuvo un pH de 6.8 y 8.7, estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos en la normatividad mexicana.

La DQO inicial promedio fue de 2725.04 mg/L, logrando valores de 160 mg/L con el cultivo de *Chlorella vulgaris* en AR. De igual modo, la DBO₅ disminuyó de 898.16 a 52.83 mg/L, como se observa en la Figura 1, comprobando de este modo que se tuvo 94 % de remoción en una concentración del 100 % de agua residual de la industria azucarera. Este porcentaje es mayor al reportado por Contreras Beltran en 2024, quien con *Chlorella sp.* MC18 obtuvo 50.3 % de remoción de

contaminantes en concentración de 40% de aguas residuales de destilería.

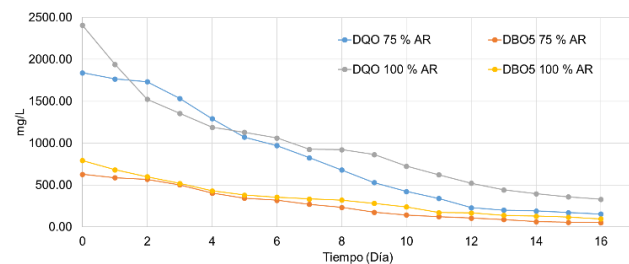


Figura 1. Evaluación de DQO y DBO₅ del proceso de biorremediación de AR de la industria azucarera.

Las cinéticas de crecimiento con el modelo de Gompertz de la microalga *Chlorella vulgaris* (Figura 2) mostraron diferencias entre los cultivos con 75 % y 100 % de agua residual. El valor de $\alpha=8.79525$ indicó una mayor adaptabilidad de la microalga en el cultivo de 75 %. En cambio, con 100 % de agua residual $b=1.57809$ y $c=0.141365$ indicando un crecimiento celular más acelerado. El tiempo de llegada a la fase estacionaria de la *Chlorella vulgaris* en el cultivo de 75 % inicia al día 16, mientras que, con 100 % es el día 14.

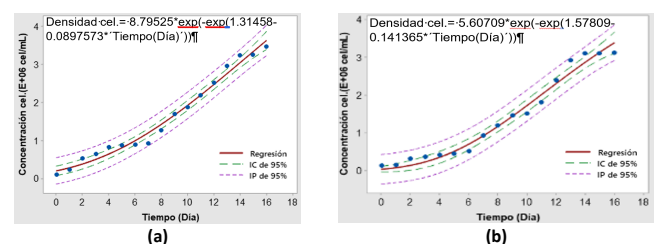


Figura 2. Cinética de crecimiento de la *Chlorella vulgaris* en cargas contaminantes: (a) 75 %, (b) 100 %.

Conclusiones. El AR posterior a la biorremediación con el cultivo de *Chlorella vulgaris*, cumplió con lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-2021 con 94 % de remoción de contaminantes. Los contaminantes y microorganismos presentes en las aguas residuales afectan el crecimiento de la *Chlorella vulgaris*. Sin embargo, no detienen su reproducción, reportando 2.304×10^6 cel./mL en el cultivo con 100 % de agua residual y 3.122×10^6 cel./mL. con 75 % donde la *Chlorella vulgaris* se adaptó mejor a las condiciones del cultivo.

Bibliografía.

- Contreras Beltran, J. I. (2024). *Potencial de biorremediación de las microalgas para el tratamiento sostenible de aguas residuales de destilería*. (U. N. Arequipa, Ed.) <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12773/19493>
- Garay Jacome, Á. S., Valdivia Alcalá, R., Hernández Ortiz, J., & Sandoval Romero, F. (2022). Estimación de la huella hídrica de la producción de caña de azúcar para los ingenios de la cuenca del Papaloapan. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(1), 103-113. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2581>
- Gutiérrez Casiano, N., Hernández Aguilar, E., Alvarado Lassman, A., & Méndez Contreras, J. M. (2022). Removal of carbon and nitrogen in wastewater from a poultry processing plant in a photobioreactor cultivated with the microalga *Chlorella vulgaris*. *Revista de Ciencias Ambientales y Salud, Parte A*, 57(7), 620-633. <https://doi.org/10.1080/10934529.2022.2096986>

Secado solar de hojas de aguacate (*Persea americana*)

Alfredo Domínguez Niño ^{1,2*}, Paulina Guillén Velázquez ³, Andrea Paola Maya ⁴, Margarita Castillo Téllez ⁵ y Octavio García Valladares ¹

¹ Laboratorio de Secado Solar, Instituto de Energías Renovables-UNAM, Departamento de Sistemas Energéticos, Temixco, Morelos, México.

² Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, Dirección Adjunta de Desarrollo Científico, Ciudad de México, México.

³ Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, Estancias Posdoctorales por México, Ciudad de México, México.

⁴ Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica, Veracruz, México.

⁵ Facultad de Ingeniería, San Francisco de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, México

* Autor de correspondencia: aldoni@ier.unam.mx; Tel.: 777-220-73-09

Energías Renovables (Energía Solar)

Recibido: 2 de abril de 2025

Aceptado: 3 de junio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Secado solar; *Persea americana*; Energía solar

Introducción. El aguacate criollo, (*Persea americana* Var, *drymifolia*), es una variedad importante de aguacate en México. Sus hojas tienen una importancia muy similar al fruto debido a sus propiedades curativas para enfermedades como influenza, bronquitis, dolores menstruales, diabetes, reumatismo, así como en el área gastronómica (Kendir & Köroğlu *et al.*, 2018). Sin embargo, la duración de las hojas de aguacate después de ser cortadas es entre 1 a 2 semanas. Varias técnicas de secado han sido desarrolladas para extender la vida útil de los alimentos entre ellos el secado solar. Un secador solar es un dispositivo que permite agregar al producto cierta cantidad de calor para extraer la humedad que pueda contener (Hicham *et al.*, 2018). El objetivo principal de la investigación fue aplicar el secado solar sobre las hojas de aguacate para extender su vida útil empleando tecnologías sustentables.

Materiales y Métodos. Las hojas de aguacate se obtuvieron de un huerto local de Hueyapan, Morelos, México. El secado se llevó a cabo en un secador solar de modo mixto tipo gabinete que contiene una cámara de secado con diez bandejas (0.63 × 0.43 m) en cinco niveles; cada bandeja tiene una perforación de 0.0025 × 0.007 m, un ventilador fotovoltaico y un colector solar de placa plana (Figura 1a). En otro secador solar se colocó una malla de sombra (50%) sobre la cámara de secado para disminuir la radiación solar y la temperatura dentro del secador (Figura 1b). Las variables de respuesta en este estudio fueron: Contenido de humedad (%), actividad de agua, diferencia de color y Vitamina C. Los análisis fueron realizados por triplicado.

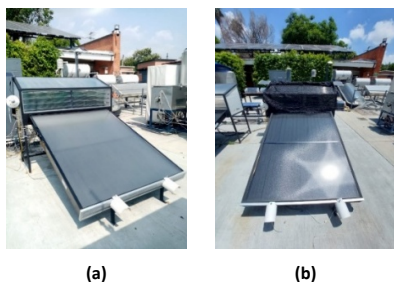


Figura 1. Secador solar tipo mixto utilizado en el proceso de secado de hojas de aguacate a) sin malla sombra (SMS) y b) con malla sombra (MS).

Resultados. La Figura 2 muestra las cinéticas de secado bajo ambas condiciones aplicadas (con y sin malla sombra). Se observa que el tiempo de secado se prolongó con el uso de malla sombra debido a la disminución de la temperatura interna del secador. Se inició con una humedad de 51.92 % (MS) y 57.81 % (SMS) y una actividad de agua de 0.96. El secado se detuvo en cuanto la humedad fue constante e inferior al 10%. La Tabla 1 muestra las características fisicoquímicas de las hojas de aguacate secas. El contenido de humedad y actividad de agua disminuyeron de manera significativa.

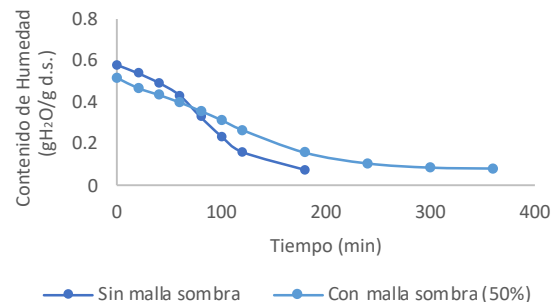


Figura 2. Cinéticas de secado de la hoja de aguacate

Con respecto a la diferencia de color, se observó una menor variación con el uso de malla sombra, generando hojas con menor daño en sus pigmentos. El contenido de vitamina C se conservó en mayor medida con el secado con malla sombra lo cual se atribuyó a la protección contra la radiación solar y la baja temperatura en la cámara de secado, factores que en general tienden a degradar compuestos bioactivos y termolábiles como lo es la Vitamina C. Un comportamiento similar ha sido reportado por Domínguez-Niño *et al.* (2024), durante el secado solar de romero y toronjil.

Tabla 1. Comparación fisicoquímica de hojas de aguacate secadas en un secador solar con y sin malla sombra

Análisis	Sin malla sombra	Con malla sombra
Humedad (%)	7.47	8.09
Actividad de agua	0.413	0.484
Diferencia de color	9.16	7.28
Vitamina C (mg/100g)	24.4	52.7

Conclusiones. Esta investigación y los productos obtenidos mediante técnicas de secado solar pueden contribuir al campo de la conservación de hierbas medicinales y también contribuir a la aplicación en la industria alimentaria y farmacéutica de las hojas de aguacate como recurso de antioxidantes, compuestos bioactivos y como aditivo de sabor y aroma.

Bibliografía.

- Domínguez-Niño, A., Lucho-Gómez, A. M., Chávez-Santos, R. M., Martínez, R., Guillén-Velázquez, P. G., Castillo-Téllez, B. C., & García-Valladares, O. G. (2024). Thermal evaluation of solar dryers and the effect on the antioxidant and some physicochemical properties of *Agastache mexicana* and *Rosmarinus officinalis*. *Journal of Food Science*, 89(11), 7846-7860. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17447>
- Hicham, E. H., Herez, A., Ramadan, M., & Khaled, M. (2018). An investigation on solar drying: A review with economic and environmental assessment. *Energy*, 157, 815-829. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.197>
- Kendir, G., & Köroğlu, A. (2018). Evaluation of avocado (*Persea americana* Mill.) leaves in terms of public health. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 22(3), 347-356. <https://doi.org/10.12991/jrp.2018.74>

Tratamiento de aguas residuales urbanas usando Humedales Artificiales con plantas ornamentales

Vladimir Nolasco Torres ¹, Luis Alfredo Hernández-Vásquez ^{1,*}, Mauricio Rojas-Ascensión ¹, Luis Carlos Sandoval Herazo ^{2,3}, Alejandro Alvarado Lassman ⁴, Gregorio Hernandez-Salinas ¹, Emanuel de Jesús Ramírez-Rivera ¹ y Miguel Ángel Vega Ortega ¹

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, Zongolica 95005, Veracruz, México

² Laboratorio de Humedales y Sostenibilidad Ambiental, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km 1.8, Carretera a Loma del Cojolite, Misantla 93821, Veracruz, México.

³ Facultad de Ingeniería, Universidad de Sucre, Sincelejo 700001, Colombia

⁴ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Veracruz, México

* Autor de correspondencia: alfredohv_basicas@zongolica.tecnm.mx

Desarrollo sustentable (Humedales naturales y construidos)

Recibido: 11 de abril de 2025

Aceptado: 3 de junio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Saneamiento; Fitorremediación; Ecotecnología

Introducción. La calidad del agua enfrenta una crisis global (Ejiohuo *et al.*, 2024). La descarga de aguas residuales urbanas sin tratamiento ha acelerado el deterioro de los ecosistemas (Humanante *et al.*, 2022). Frente a este desafío, los Humedales Artificiales (HA) se han consolidado como una solución sostenible para el tratamiento de aguas residuales. Estos sistemas reproducen, en condiciones controladas, los procesos físicos, químicos y biológicos de los humedales naturales. Aunque la degradación de contaminantes es principalmente microbiana, las plantas desempeñan un papel esencial al oxigenar el sustrato, estabilizar el medio filtrante, absorber nutrientes y promover zonas rizosféricas que potencian la actividad microbiana (Białowiec *et al.*, 2020). Evaluar el desempeño de plantas en humedales construidos resulta crucial para maximizar su eficiencia (Zhang *et al.*, 2021). El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial fitorremediador de tres especies ornamentales locales (*Strelitzia reginae*, *Agapanthus africanus* y *Zantedeschia aethiopica*) bajo condiciones reales de contaminación urbana, mediante su incorporación en Humedales Artificiales instalados alrededor del río “Paseo de los Ahuehuetes”, en Nogales, Veracruz, México.

Materiales y Métodos. Se instalaron seis sistemas de HA de flujo subsuperficial, cada uno con capacidad de 30,000 L y TRH de 3 días. Se utilizó tezontle como medio filtrante. Cada HA fue sembrado con 30 plantas (10 de cada especie): *S. reginae* (46 ± 7 cm), *Z. aethiopica* (60 ± 5 cm) y *A. africanus* (85 ± 10 cm). El crecimiento de biomasa vegetal se evaluó mediante la diferencia entre peso fresco inicial y final. Las muestras de agua residual se recolectaron cada cuatro semanas durante seis meses, siguiendo los *Standard Methods* (APHA, 2012). Los parámetros fisicoquímicos medidos fueron temperatura, pH, OD, CE y SDT, utilizando un analizador multiparamétrico HANNA HI 9829. La DQO se determinó mediante el método colorimétrico 5220 D.

Resultados. El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos (Tabla 1) mostró altas eficiencias de remoción.

Tabla 1. Parámetros Fisicoquímica de las aguas residuales urbanas

Parámetros (mg/L)	Entradas	Salidas	Remoción (%)
Temperatura (°C)	18.60 ± 0.35	18.17 ± 0.91	-
pH	7.67 ± 0.21	7.67 ± 0.43	-
Oxígeno Disuelto (OD)	3.51 ± 0.12	5.66 ± 16.26	-
Conductividad Eléctrica (CE)*	3.95 ± 0.65	0.27 ± 0.01	93.07
Sólidos Disueltos Totales (STD)	1,970 ± 260	0.13 ± 0.07	93.4
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	5,250 ± 220	289.8 ± 23.6	97.03

* (mS/cm)

La DQO alcanzó un 97.03 %, seguida por STD con 93.4 % y CE con 93.07 %. Estos resultados evidencian una alta capacidad de depuración del sistema, atribuible a la acción conjunta de filtración, precipitación química y absorción vegetal, particularmente efectiva en la eliminación de materia orgánica y sales disueltas. Los valores obtenidos superan los reportados en HA de flujo subsuperficial sembrados con especies ornamentales como *Canna indica*, *Zantedeschia aethiopica* y *Strelitzia reginae*, donde las remociones de DQO han oscilado entre 75 % y 92 %, y las de CE entre 80 % y 90 % (del Castillo *et al.*, 2022).

El análisis del incremento de biomasa (Figura 1) evidenció que las tres especies ornamentales lograron adaptarse a las condiciones ambientales del sitio experimental. Tras seis meses de monitoreo, *Z. aethiopica* presentó el mayor aumento (16 %). En cambio, *S. reginae* mostró una reducción del 8 %, mientras que *A. africanus* presentó una disminución del 19%.

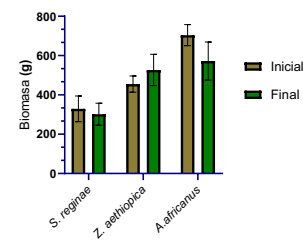


Figura 1. Monitoreo de la biomasa en la vegetación empleada

Conclusiones. Los humedales artificiales con *Strelitzia reginae*, *Agapanthus africanus* y *Zantedeschia aethiopica* demostraron alto potencial fitorremediador bajo condiciones reales de contaminación urbana, consolidándose como una estrategia sostenible y eficaz para la remoción de contaminantes y el saneamiento ecológico del río “Paseo de los Ahuehuetes”.

Bibliografía.

- APHA. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, & E. A.D., eds.). Washington D.C: WEF-APHA-AWWA.
- Białowiec, A., Wojnowska-Baryła, I., & Pulka, J. (2020). Phytoremediation in constructed wetlands: Roles, efficiency, and plant selection. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(7), 6935–6947. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07370-0>
- del Castillo, C. A., Arteaga-Cortez, V., & Hernández-Muñoz, S. (2022). Evaluación de humedales subsuperficiales con especies ornamentales para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 21(1), 215–228. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbi/revmexingquim/2022v21n1/delcastillo>
- Ejiohuo, O., Onyeaka, H., Akinsemolu, A., Nwabor, O. F., Siyanbola, K. F., Tamasiga, P., & Al-Sharif, Z. T. (2024). Ensuring Water Purity: Mitigating Environmental Risks and Safeguarding Human Health. *Water Biology And Security*, 100341. <https://doi.org/10.1016/j.watbs.2024.100341>
- Humanante, J., Moreno, L., Grijalva, A., Saldoya, R., & Suárez, J. (2022). Removal Efficiency and impact of wastewater treatment system in the urban and rural sector of the Santa Elena Province. *Manglar*, 19(2), 177–187. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.022>
- Zhang, D. Q., Jinadasa, K. B. S. N., Gersberg, R. M., Liu, Y., Ng, W. J., & Tan, S. K. (2021). Constructed wetlands for urban wastewater treatment: Performance and plant-microbe interactions. *Science of the Total Environment*, 777, 145932. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145932>

Evaluación de la actividad antibacterial de nanopartículas de ZnO y ZnO-Ag obtenidas mediante síntesis verde con extracto de *Tagetes erecta* frente a *Staphylococcus aureus*

María de J. López-López ¹, Juan R. López-López ², Miguel A. Hernández Chavez ², Martha E. Vázquez-Ontiveros ³, Maritza E. Cervantes-Gaxiola ², José M. Herrera-Ramírez ⁴, Héctor Flores-Villaseñor ⁵, Nidia Leon-Sicairos ⁵, Adrián Canizalez-Roman ⁵ y Perla F. Méndez-Herrera ^{2,*}

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Blvd. San Ángel 3886, Mercado de Abastos, San Benito, 80260 Culiacán, Sinaloa, México.

² Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Av. Las Américas S/N, C.P. 80000, Culiacán, Sinaloa, México.

³ Universidad Politécnica del Mar y la Sierra, Boulevard La Cruz - Potrerillos del Norote 3, 82708 Elota, Sinaloa.

⁴ Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV), Av. Miguel de Cervantes #120, Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, Chih. México. C.P. 31136.

⁵ Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Sinaloa, Sauces S/N, los fresnos, C.P. 80019, Culiacán, Sinaloa, México.

* Autor de correspondencia: pmendez@uas.edu.mx

Desarrollo Sustentable (Materiales sustentables)

Recibido: 11 de abril de 2025

Aceptado: 3 de junio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Nanopartículas; síntesis verde; actividad antibacterial

Introducción. El aumento de la resistencia a los antibióticos, es una preocupación mundial. En 2015, la OMS lanzó un plan de acción, reconociendo la amenaza que representa. Diez años después, el problema persiste y el desarrollo de nuevos antibióticos está estancado, por lo que es urgente promover el descubrimiento de tratamientos innovadores para abordar esta emergencia (WHO, 2022). En los últimos años las nanopartículas, han mostrado una amplia gama de aplicaciones en áreas de la industria alimentaria, la remediación del medio ambiente y la medicina. Pero debido a los costos y a la contaminación asociada a su síntesis las propiedades de las nanopartículas no han sido debidamente explotadas. Sin embargo, la síntesis verde de estas nanopartículas puede ayudar a resolver esas limitaciones, además el extracto floral de *T. erecta* presenta propiedades biológicas notables, para aplicaciones biomédicas.

Materiales y Métodos.

Síntesis verde de nanopartículas de ZnO y ZnO-Ag: Se utilizó el método de coprecipitación con una disolución de acetato de zinc 0.5 M y nitrato de plata (Lopez-Lopez *et al.*, 2021) en presencia de extracto acuoso de flores de *T. erecta*, la solución se calentó a 70 °C por 2 horas, al polvo seco se le aplicó un tratamiento térmico a 400 °C por 1 hora.

Caracterización de nanopartículas: Los patrones de difracción de rayos X se obtuvieron con un difractómetro X'Pert3 MRD de Panalytical, analizando el rango 2θ de 20 a 80 grados. En la microscopía electrónica de transmisión (MET) se utilizó un microscopio Hitachi 7700.

Actividad antibacteriana: Se realizó una prueba de microdilución según los métodos del CLSI, añadiendo 2x10⁸ UFC/mL de bacterias *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 a microplacas con caldo Müller-Hinton. Se evaluaron las nanopartículas a 150, 200 y 250 µg/mL, junto con controles de crecimiento y antibiótico (gentamicina). Los cultivos se incubaron a 37 °C por 8 horas y se midió la densidad óptica a 660 nm para calcular el porcentaje de células viables. Todos los experimentos se llevaron a cabo por triplicado.

Resultados. En la Figura 1 se presentan los patrones de difracción XDR, donde la fase principal es la wurtzita hexagonal del ZnO, evidenciada por picos de difracción. Todas las nanopartículas con plata presentan picos adicionales de la estructura cúbica de plata metálica (Dhand *et al.*, 2016).

Las microfotografías en TEM revelan una morfología predominantemente semiesférica con límites bien definidos.

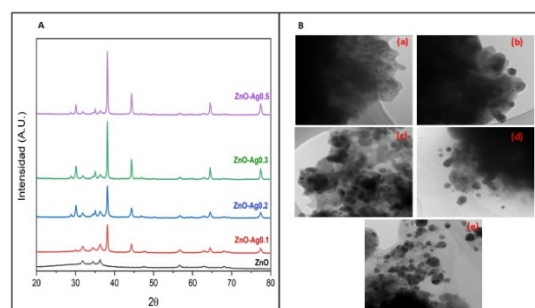


Figura 1. A. Patrones de difracción de rayos X. B. Microfotografías en TEM: (a) ZnO, (b) ZnO-Ag 0.1%, (c) ZnO-Ag 0.2%, (d) ZnO-Ag 0.3%, (e) ZnO-Ag 0.5 %

En la Figura 2 se observa el efecto de las nanopartículas en el crecimiento de *S. aureus* ATCC 25923. La incorporación de plata en las nanopartículas aumenta la eficiencia de inhibición del crecimiento bacteriano.

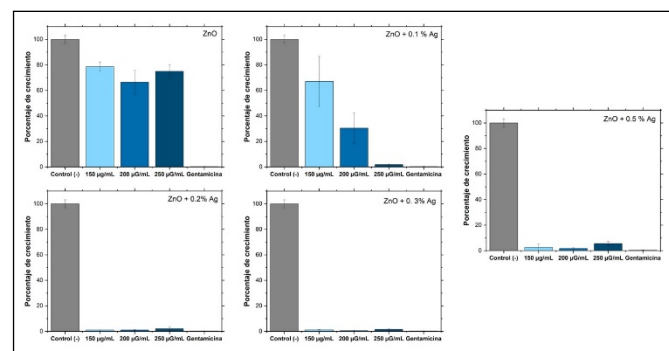


Figura 2. Efecto de nanopartículas en el crecimiento de *S. aureus* ATCC 25923.

Conclusiones. La síntesis verde es un proceso eficiente y sustentable para la obtención de nanopartículas de ZnO y ZnO-Ag, con propiedades antimicrobianas sobresalientes.

Bibliografía.

- Dhand, V., Soumya, L., Bharadwaj, S., Chakra, S., Bhatt, D., & Sreedhar, B. (2016). Green synthesis of silver nanoparticles using *Coffea arabica* seed extract and its antibacterial activity. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 58, 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.08.018>
- Lopez-Lopez, J., Tejeda-Ochoa, A., Lopez-Beltran, A., Herrera-Ramirez, J., & Mendez-Herrera, P. (2021). Sunlight Photocatalytic Performance of ZnO Nanoparticles Synthesized by Green Chemistry Using Different Botanical Extracts and Zinc Acetate as a Precursor. *Molecules*, 27(1). <https://doi.org/10.3390/molecules27010006>
- WHO. (2022). 2021 Antibacterial agents in clinical and preclinical development: an overview and analysis (978-92-4-004765-5).

Impacto de la migración sobre la producción de carbon vegetal en la Sierra de Zongolica, Veracruz

Claudia Ivet Contreras Hernández *, Miguel Ángel Vega Ortega y Sergio Ignacio Gallardo Yobal

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera a La Compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005 Zongolica, Veracruz, México.

* Autor de correspondencia: claudiaivetcontrerashernandez@gmail.com

Desarrollo sustentable (Sociedad, salud y seguridad).

Recibido: 20 de marzo de 2025

Aceptado: 3 de junio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: medios de vida, mano de obra, indígena, trabajo familiar, ingresos

Introducción. La crisis ambiental derivada de la quema desmedida de combustibles fósiles ha generado un gran interés por las energías alternativas, como la dendroenergía, que, al provenir de la madera, se considera un combustible renovable. En la sierra de Zongolica, región históricamente habitada por pobladores nahuas, el uso y manejo tradicional de los bosques forma parte de la vida social, cultural y económica de sus habitantes. Esta sierra presenta diversas actividades productivas adaptadas a condiciones ambientales difíciles, una topografía abrupta y la pequeña propiedad minifundista. Esto ha configurado paisajes y formas de manejo diversificado de parcelas con componentes agrícolas, ganaderos y fragmentos de bosques de encinos. La producción de carbón vegetal en la sierra de Zongolica se realiza a pequeña escala, generando ingresos familiares en esta región marginada. **Marco teórico:** La migración se puede definir como el movimiento de una persona que reside en un lugar diferente al término de un período determinado. **Objetivo:** conocer el impacto de la migración sobre la producción de carbón en la sierra de Zongolica.

Materiales y métodos. Se realizaron 64 entrevistas semiestructuradas a productores de carbón vegetal de los municipios de Tequila, Atlahuilco, Xoxocotla y Camerino Z. Mendoza.

Resultados. Se identificaron cuatro actores principales: 52 dueños de terrenos, 8 carboneros, 1 acopiador y 6 comerciantes. En general, estos actores tienen un promedio de 50 años, con un rango de 19 a 75 años, y un promedio de 4 integrantes por hogar. La principal forma de aprendizaje es familiar (39), externo (5) y solo (17). En cuanto al trabajo, el 58% es familiar, el 2% es externo y el 2% es solo. Tienen un promedio de 27 años de experiencia. El 90% de los entrevistados mencionó que la producción de carbón ha disminuido debido a la falta de mano de obra causada por la migración, mientras que el 10% señaló que la disminución se debe al encarecimiento de la mano de obra.

Conclusiones. Debido a que la producción de carbón vegetal es una actividad que se aprende y realiza en familia, la migración ha afectado esta práctica, ya que los jóvenes se van de la comunidad, disminuyendo así la disponibilidad de mano de obra para esta actividad primordial para los medios de vida en la sierra de Zongolica.

Bibliografía.

- Bratti, M., Fiore, S., & Mendola, M. (2020). The impact of family size and sibling structure on the great Mexico–USA migration. *Journal of Population Economics*, 33(2), 483–529. <https://doi.org/10.1007/s00148-019-00754-5>
- López Binnquíst, C., Gerez Fernández, P., Vega Ortega, M. A., Martínez Barrientos, C., & Cerdán Cabrera, C. R. (2020). Manejo de sistemas agroforestales con dendroenergía en la Sierra de Zongolica, Veracruz. In A. I. Moreno Calles, M. L. Soto Pinto, M. M. Cariño Olvera, J. M. Palma García, S. Moctezuma Pérez, J. J. Rosales Adame, ... W. López Martínez (Eds.), *Los sistemas agroforestales de México. Avances, experiencias, acciones y temas emergentes* (pp. 33–51). Ciudad de México: UNAM, CONACYT. 1a ed.
- Vega-Ortega, M. A., Llanderal-Mendoza, J., Gerez-Fernández, P., & López Binnquíst, C. (2021). Genetic diversity in oak populations under intensive management for fuelwood in the Sierra de Zongolica, Mexico. *Annals of Applied Biology*, 178(1), 80–97. <https://doi.org/10.1111/aab.12639>

Aplicación Foliar de NPs de Zn como Nanofertilizante, y su efecto en combinación con Biofertilizantes en Plántulas de Frijol

Elsy Rubisela López-Vargas ¹, Diego Hidalgo-Martínez ², Marissa Pérez Alvarez ³, Gregorio Cadenas-Pliego ³, Elvia Becerra-Martínez ^{4,*} y Alma Delia Hernández-Fuentes ^{1,*}

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo 43600, México.

² Department of Biology, Healthcare and the Environment, Faculty of Pharmacy and Food Sciences, University of Barcelona, Barcelona, Spain.

³ Centro de Investigación en Química Aplicada, Departamento de Química Macromolecular y Nanomateriales, Saltillo 25294, Coahuila, México.

⁴ Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnologías, Instituto Politécnico Nacional, Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacanteco, Delegación Gustavo A. Madero, Ciudad de México 07738, México.

* Autor de correspondencia: elmartinezb@ipn.mx (E.B.-M.); almah@uaeh.edu.mx (A.D.H.-F.)

Desarrollo Sustentable (Agricultura Sustentable)

Recibido: 28 de mayo de 2025

Aceptado: 21 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: zinc, nanofertilizantes, biofertilizantes, frijol

Introducción. La principal fuente de Zn para las plantas es mediante fertilizantes químicos convencionales o la absorción del suelo, sin embargo, el uso indiscriminado de fertilizantes químicos genera altos niveles de contaminación, así como la disminución de la fertilidad de los suelos y el agotamiento de los recursos, lo que afecta la producción mundial de alimentos (Sharma *et al.*, 2023). En este contexto, los nanofertilizantes (NF) son portadores de nutrientes lo que aumenta la biodisponibilidad de los nutrientes en las plantas y el rendimiento de los cultivos (Abdulhameed *et al.*, 2021). Éstos NFs mejoran la tasa de germinación de las semillas, el vigor de las plántulas, el contenido de pigmento fotosintéticos, generan un aumento en la calidad y cantidad de la producción, poseen actividad antimicrobiana y pueden aliviar los efectos del estrés por salinidad y sequía (Al-Juthery *et al.*, 2021). De igual manera, los biofertilizantes (BFs) mejoran los niveles de producción y mejoran el suelo a través de un enfoque ecológico, rentable y renovable, lo que permite promover la agricultura sostenible, por lo que la implementación de nanofertilizantes y biofertilizantes como entidades separadas o con nano-interacción (combinación) sería una alternativa prometedora (Gouda *et al.*, 2019). En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de las NPs de Zn de síntesis verde y de biofertilizantes en plántulas de frijol negro en condiciones de temporal y campo abierto.

Materiales y Métodos. Se utilizaron semillas de frijol negro variedad "Michigan". El cultivo fue desarrollado en el periodo de octubre-diciembre mediante siembra de temporal a campo abierto en Tetepango, Hidalgo, México. Se evaluaron nanopartículas de óxido de Zn como NFs: Zn-Algodón (ZnA) y Zn-Quitósán (ZnQ) y 2 BFs: extracto de nopal (EN) y lumbrihumus comercial Biojal® (LH), y la combinación de NFs + BFs con un total de 8 tratamientos y un testigo (agua) en plántulas de frijol negro. NFs y BFs, así como la combinación de ambos y un testigo absoluto dando como resultado un total de 9 tratamientos. Los tratamientos consistieron en aplicar 50 mg L⁻¹ de ZnA, ZnQ y EN y 100 ml L⁻¹ para LH. Se realizaron 2 aplicaciones durante el cultivo, a los 40 y 55 días después de la siembra (dds). A los 70 dds se evaluaron parámetros agronómicos: altura de la planta, diámetro de tallo, número de hojas, biomasa fresca y seca en las plántulas de frijol.

Resultados. La altura de la planta (AP) y el número de hojas (NH) fue afectada positivamente con la adición foliar de NFs y BFs, mientras que el diámetro de tallo (DT), peso seco (PS) y peso fresco (PF) no mostraron diferencias estadísticas. La aplicación foliar de ZnA, ZnQ+EN incrementaron la altura de las plantas (35.9 % y 35.5 %) y el número de hojas (38.4 % y 39.3 %). El DT, el PF y PS no fueron afectados con ningún tratamiento (Tabla 1). El incremento en los parámetros de crecimiento y el área foliar se debe a que el Zn

participa en la biosíntesis de auxinas, lo que estimula la división celular y aumenta el crecimiento de las plantas. (Abbasifar *et al.*, 2020). Además, los NFs a base de quitósán pueden tener efectos de gran alcance, debido a que el quitósán es un polímero no tóxico que tiene la capacidad de retener agua y ayuda a la liberación controlada de fertilizantes (Jakhar *et al.*, 2022) lo que ayuda a tener una mayor eficiencia en la entrega de nutrientes y un buen desarrollo del cultivo.

Tabla 1. Efecto de las NPs de Zn y los biofertilizantes sobre las variables agronómicas en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Tratamientos	AP (cm)	DT (mm)	NH	PF (g)	PS (g)
C	18.73 c	5.38 abc	10.17 c	30.81 abcd	5.96 ab
ZnA	25.46 a	5.49 ab	14.08 a	38.12 a	6.21 a
ZnQ	22.00 b	5.20 abc	10.33 c	23.35 cd	4.48 abc
EN	21.00 bc	5.03 bc	11.25 c	24.68 bcd	4.22 bc
LH	23.54 ab	5.39 ab	13.92 ab	33.93 abc	5.80 ab
ZnA + EN	23.58 ab	5.28 abc	11.42 bc	27.53 abcd	4.98 abc
ZnQ + EN	25.38 a	5.69 a	14.17 a	35.22 ab	5.77 ab
ZnA + LH	22.00 b	4.89 c	11.00 c	21.75 d	3.62 c
ZnQ + LH	20.79 bc	5.31 abc	10.58 c	22.87 d	4.33 bc

Diferentes letras indican diferencia significativa entre tratamientos de acuerdo a Duncan ($\alpha = 0.05$). n = 12 $\pm$ standard error.

Conclusiones. Los resultados del presente estudio indicaron que los NFs sintetizados mediante química verde con la combinación de BFs tienen un efecto significativo en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Bibliografía.

- Abbasifar, A., Shahrabadi, F., & ValizadehKaji, B. (2020). Effects of green synthesized zinc and copper nano-fertilizers on the morphological and biochemical attributes of basil plant. *Journal of Plant Nutrition*, 43(8), 1104–1118. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1724305>
- Abdulhameed, M. F., Taha, A. A., & Ismail, R. A. (2021). Improvement of cabbage growth and yield by nanofertilizers and nanoparticles. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 15, 100437. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100437>
- Al Juthery, H. W. A., Lahmod, N. R., & Al Taei, R. A. H. (2021). Intelligent, Nano-fertilizers: A New Technology for Improvement Nutrient Use Efficiency (Article Review). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 735(1), 012086. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/735/1/012086>
- Gouda, S., George Kerry, R., Das, G., & Kumar Patra, J. (2019). Synthesis of Nanoparticles Utilizing Sources From the Mangrove Environment and Their Potential Applications. In *Nanomaterials in Plants, Algae and Microorganisms* (pp. 219–235). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811488-9.00011-1>
- Jakhar, A. M., Aziz, I., Kaleri, A. R., Hasnain, M., Haider, G., Ma, J., & Abideen, Z. (2022). Nano-fertilizers: A sustainable technology for improving crop nutrition and food security. *NanoImpact*, 27, 100411. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.impact.2022.100411>
- Sharma, B., Tiwari, S., Kumawat, K. C., & Cardinale, M. (2023). Nano-biofertilizers as bio-emerging strategies for sustainable agriculture development: Potentiality and their limitations. *Science of The Total Environment*, 860, 160476. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160476>

Estudio y análisis de la calidad de la energía de un Transformador Trifásico del Polo Laboratorio del IT de Tuxtla Gutiérrez para Cumplir Normas y alcanzar la eficiencia energética

Luis Alberto Pérez Lozano, Avisai Sánchez Alegría, Rubén Herrera Galicia, Karlos Velazquez y Gabriel Sánchez Alfaro

Laboratorio de Fuentes Alternas, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México (de Primer Autor)

Optimización energética y sistemas eléctricos.

Recibido: 4 de junio de 2025

Aceptado: 22 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Transformador de distribución trifásico; Factor de Potencia; Transitorios, normas internacionales.

Introducción. Se llevó a cabo un estudio de calidad de energía en el transformador trifásico de 500 kVA del IT de Tuxtla Gutiérrez, que alimenta al Polo Laboratorio a través de una red radial interconectada en anillo. Dada la importancia del suministro para equipos especiales y sistemas de enfriamiento, se buscó evaluar el estado operativo del transformador, el cual presentó una activación de protecciones al energizarse con 13,200 V.

Actualmente, el sistema cuenta con codos apartarrays de 200 A por fase, pero esta protección resulta insuficiente para garantizar la seguridad del sistema y del personal. Por ello, se realizaron mediciones con el Analizador de Calidad de Energía FLUKE 1775, el cual nos permite monitorear diferentes variables eléctricas para calidad de la energía, así como formas de onda, transitorios de alta velocidad y armónicos de alta frecuencia, todos ellos visibles al instante. Con categorías de seguridad CAT IV 600 V / CAT III 1000 V de su clase, estos analizadores se pueden utilizar en la entrada de servicio o a la salida para medir entradas CA y CC, y armónicos de hasta 30 kHz. El equipo nos permite registrar parámetros eléctricos clave para diagnosticar el comportamiento bajo carga y proponer mejoras.

El análisis se efectuó conforme a las normas IEEE-1159:2009, IEEE-519:2014, NTC-1340:2013 y NTC-5001:2008, estableciendo las bases para identificar fallas y optimizar el funcionamiento del sistema eléctrico del Polo Laboratorio.

Los sistemas eléctricos a menudo enfrentan fallos inesperados debido a diversas causas impredecibles. Estos fallos, si no se gestionan adecuadamente, pueden afectar negativamente la eficiencia económica de las empresas eléctricas y la calidad del servicio para los consumidores. Dado que la mayoría de los consumidores dependen directamente de las redes de distribución de energía, es crucial desarrollar métodos efectivos para detectar, clasificar y localizar las fallas, evitando así interrupciones prolongadas en el suministro de energía eléctrica (González *et al.*, 2024).

Con el rápido desarrollo de la energía renovable y la aplicación de un gran número de dispositivos electrónicos de energía, las perturbaciones de la calidad de la energía (PQD) se están volviendo gradualmente más complicadas y diversificadas. Dado que la calidad de la energía no calificada causará una serie de efectos adversos en el lado del usuario de la producción y en el equipo electrónico, esto requiere un monitoreo en tiempo real de la calidad de la energía y una identificación y clasificación rápida y efectiva de varios problemas de perturbación, mejorando así efectivamente la calidad de la energía (Zhang *et al.*, 2023).

Materiales y Métodos. Se instaló un Analizador de Calidad de Energía FLUKE 1775 Clase A en el transformador trifásico en conexión estrella (3F-N) que suministra energía al Polo-Laboratorio del I.T. Tuxtla. El

equipo permaneció en monitoreo continuo durante 20 días, permitiendo registrar datos clave del sistema.

Este transformador forma parte de una red radial interconectada en anillo compuesta por siete transformadores trifásicos. Las mediciones obtenidas proporcionaron información valiosa para analizar los parámetros críticos del sistema eléctrico y contribuir al mantenimiento eficiente del equipo y la calidad del suministro.



Figura 1. Conexión Analizador de la Calidad de la Energía 1775

Normas aplicables

1. Normatividad Aplicable. La *NOM-001-SEDE-2012* establece los requisitos para garantizar instalaciones eléctricas eficientes, seguras y duraderas, minimizando fallas y riesgos.

2. Sistemas Subterráneos. La *CFE DCCSSUBT* regula los sistemas subterráneos en media tensión, especificando los tipos de instalación y las normativas aplicables.

3. Cables de Potencia. La *NRF-024-CFE* define los tipos de conductores monopoles utilizados en media tensión (de 5 kV a 35 kV), y proporciona criterios para su verificación y diagnóstico.

4. Especificación CFE L0000-45. Nos habla de las posibles desviaciones en la forma de onda de la tensión y corrientes en el suministro y consumo de energía eléctrica.

Resultados.

Existencia de SWELL y SAGS. Las mediciones realizadas al transformador registraron diversos eventos transitorios, con niveles de gravedad que van desde baja hasta alta. Esta información permite un análisis detallado del comportamiento del sistema durante el periodo de monitoreo.

Tabla 1. Presencia de SWELLS y SAGS en el sistema eléctrico.

No	Fecha y hora	Tipo	Duración	Absoluto	%Vnom	Fases	Gravedad
1	Jue,31-oct-2024, 9:43 am	Aumento	3.001 s	208 V	173.34%	CN	Alto
2	Jue,31-oct-2024, 5:54pm	Aumento	3.004 s	206.7 V	172.24%	BN	Alto
3	sab,26-oct-2024, 9:43	Caída	15.434 s	14.4 mV	0.01%	BN	Medio
4	sab,26-oct-2024, 9:43	Caída	15.9665 s	74.3 mV	0.06%	CN	Medio
5	sab,26-oct-2024, 9:43	Caída	5.094 s	67.8 mV	0.06%	AN	Medio
6	sab,26-oct-2024, 9:43	Interrupción	5.00 s	14.4 mV	0.01%	BN	Medio
7	sab,26-oct-2024, 9:43	Caída	5.00 s	67.8 mV	0.06%	AN	Medio
8	sab,26-oct-2024, 9:43	Caída	4.991 s	77.6 mV	0.06%	CN	Medio

Durante el monitoreo del transformador del Polo Laboratorio se detectaron perturbaciones en el voltaje, específicamente *swells* (aumentos) y *sags* (caídas), que pueden afectar negativamente el suministro eléctrico y los equipos conectados. Además, se identificó un notable desbalance de cargas entre fases, reflejado en una corriente elevada en el conductor neutro.

Podemos observar que se presentaron dos perturbaciones de alta gravedad las cuales nos pueden estar generando daños en los diferentes equipos que tenemos conectados derivado al pico de voltaje presentado, así mismo la caída del voltaje en las diferentes fases, lo anterior genera un mal funcionamiento de los equipos electrónicos, en donde la realidad es que existen equipos que se han dañado en el laboratorio derivado a este tipo de perturbaciones que se han estado presentando. La Tabla indicamos las más importantes pero que derivado a las mediciones se presentan múltiples perturbaciones todo el tiempo.

Este desequilibrio está relacionado con el crecimiento no planificado de equipos electrónicos en los laboratorios, el uso en los diferentes momentos a lo largo del día, lo que impide mantener una distribución y balanceo uniforme de cargas. Como resultado, se registró una corriente de 66.4 A en el neutro. Este fenómeno es común en sistemas trifásicos desequilibrados y puede deberse tanto a la distribución irregular de cargas como a posibles corrientes de fuga.

Cabe mencionar que el transformador opera con cuatro conductores por fase, calibre 350 kcm, como alimentadores principales, lo que subraya la necesidad de una revisión técnica que garantice una operación segura y eficiente del sistema eléctrico.

THD de voltaje y corrientes en el sistema. Armónicos de Corriente. La necesidad de controlar los armónicos que se generan por la corriente en un sistema eléctrico se debe a que consumen corriente de manera que no es una onda sinusoidal pura. La impedancia relativa y el nivel de tensión son factores que influyen en la cantidad de armónicos generados, ver Figura 2 y Tabla 2.

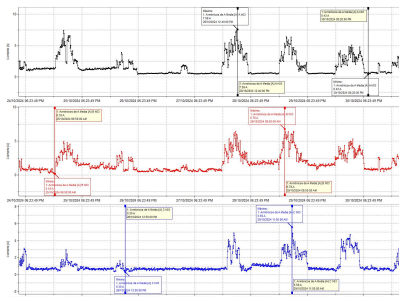


Figura 2. Evolución Temporal de Armónicos de Corriente

Lo anterior podemos identificar el comportamiento de los armónicos de corrientes los cuales fueron los principales puntos para análisis, ya que el THD de voltajes no existieron valores que fueran puntos de alarmas, pero en el THD de corrientes se analizaron diferentes normas en las que IEC61000-4-30, no se presentaron valores fuera de la norma.

Para valorar la calidad de la energía, los resultados obtenidos con el Fluke 1775 se comparan con los límites establecidos por las siguientes normas y guías técnicas:

- IEEE 519-2014: Establece los niveles máximos permitidos de distorsión armónica total (THD) en corriente (<5%) y en tensión (<3%).
- NOM-001-SEDE-2012: Norma oficial mexicana que establece requisitos de instalaciones eléctricas, incluyendo aspectos de tierras, balance de carga y factor de potencia.

- IEC 61000-4-30: Define los métodos para la medición y evaluación de la calidad de energía.
- En el caso del sistema de puesta a tierra, se tomarán como referencia:
- NOM-001-SEDE-2012.
- NMX-J-549-ANCE-2016 (resistencia de sistemas de tierra).

Derivado a lo anterior, es importante mencionar que se compararon las normas correspondientes a los valores y derivado a la IEEE-519-2014 existieron valores por arriba de los marcados en esta norma.

Tabla 2. Valores de armónicos de Tensión y de Corriente considerando la NOM IEC 61000-4-30.

THD de V [%]	AN	BN	CN	N
- Máx	61.0* % 26/10/2024 05:55:00 PM	59.1* % 26/10/2024 05:55:00 PM	65.8* % 26/10/2024 05:55:00 PM	14.2* % 31/10/2024 09:44:00 AM
- Media lineal	1.0* % 0.66* %	0.95* % 0.67* %	0.96* % 0.63* %	2.7** % 0.83* %
- Mín.	30/10/2024 01:58:20 PM	29/10/2024 08:19:20 AM	31/10/2024 09:44:10 AM	31/10/2024 09:44:00 AM
THD de A [%]	A	B	C	N
- Máx	73.3* % 26/10/2024 05:55:10 PM	66.8* % 26/10/2024 05:55:10 PM	48.4* % 28/10/2024 06:34:40 PM	747.5* % 29/10/2024 12:00:10 PM
- Media lineal	10.9* % 1.7* %	8.4* % 1.3* %	6.7* % 1.5* %	29.2* % 2.3* %
- Mín.	30/10/2024 11:15:10 AM	25/10/2024 01:41:10 PM	30/10/2024 05:56:40 AM	27/10/2024 05:29:30 AM

Desbalanceo de fases. Existe un valor en el uso de las diferentes cargas instaladas en el laboratorio las cuales nos generan en el momento de utilizarlas un desbalanceo provocando un incremento considerado de corriente en el Neutro. Es considerado que dichas situaciones han provocado las fallas en algunos equipos sumando las diferentes situaciones antes mencionas que van provocando los desbalances y problemas en los equipos. Se realizaron el levantamiento físico de cada espacio del laboratorio.

Tabla 2. Desbalanceo del sistema al uso de las cargas, corriente en el neutro.

Edificio Polo				
Tensión	AN	BN	CN	N
Máx	128.0 V 27/10/2024 04:22:20 AM	206.7 V 31/10/2024 09:44:00 AM	208.0 V 31/10/2024 09:44:00 AM	119.2 V 31/10/2024 09:44:00 AM
Media lineal	124.1 V	124.0 V	124.5 V	0.067 V
Mín.	0.020 V 31/10/2024 09:44:10 AM	0.0051 V 31/10/2024 09:46:25 AM	0.030 V 31/10/2024 09:45:10 AM	0.0082 V 31/10/2024 09:45:10 AM
Corriente	A	B	C	N
Máx	285.8 A 28/10/2024 12:07:50 PM	288.1 A 29/10/2024 11:21:10 AM	264.0 A 30/10/2024 11:34:00 AM	66.4 A 28/10/2024 09:36:30 AM
Media lineal	26.2 A	35.5 A	29.4 A	9.0 A

Conclusiones. Se realizaron las mediciones correspondiente y derivado a los hallazgos localizados se están proponiendo soluciones dentro de las cuales nos encontramos consideran el bajo factor de potencia en este transformador, así mismo la realización de la comparativa de las normas aplicables a las corrientes armónicas localizadas, considerando los niveles permitidos para CFE y las normas internacionales. Definitivamente existen problemas y se requieren diferentes tipos de protecciones que permitan a los equipos funcionar y prevenir un problema mayor.

Bibliografía.

- González C., Samper M., Morales J. (2024). Detección y localización de cortes en redes de Distribución de Energía Eléctrica <https://doi.org/10.1109/ARGENCON62399.2024.10735808>
- Zhang, H., Wu, X., Wang, Q., You, Y., Ding, W., Dong, K., & Zhao, J. (2023, July). Disturbance identification of power quality based on Markov transition field and deep residual network. In *2023 3rd International Conference on Energy Engineering and Power Systems (EEPS)* (pp. 539-543). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EEPS58791.2023.10256704>

Diseño y ubicación de un sistema de recolección de energía eólica eficiente a bajas velocidades para vehículos eléctricos

Daniel Arturo Maciel-Fuentes ^{1,*}, Eliel Carvajal-Quiroz ¹ y Rubén Vázquez-Medina ²

¹ ESIME-Culhuacán, IPN, Av. Santa Ana 1000, 04440, Ciudad de México, México

² CICATA-Querétaro, IPN. Cerro Blanco 141, 76090, Querétaro, México

* Autor de correspondencia: danmaciesime35@hotmail.com

Energías Renovables (Energía eólica)

Recibido: 7 de junio de 2025

Aceptado: 12 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: recolección de energía; vehículos eléctricos; turbina eólica; simulaciones de flujo; coeficiente de arrastre en vehículos

Introducción. En los últimos años, el estudio de la recolección de energía en vehículos eléctricos (VE) ha sido relevante debido a la necesidad de extender la vida operativa de las baterías derivada del aumento de demanda energética en las mismas. Existen diversos principios de recolección de energía en VE. Sin embargo, se consideró utilizar la energía eólica debido a su abundancia y ubicuidad. En promedio, los VE pierden aproximadamente un 10% mediante la carga de la batería, un 20% en el sistema de propulsión y un 10% en los dispositivos auxiliares eléctricos. En este contexto, para satisfacer los requerimientos de energía de los dispositivos auxiliares, es necesario diseñar un sistema de recolección eólica que sea eficiente a bajas velocidades, específicamente, menores a 50 km/h debido al tráfico en ciudad. También, definir la posición de la turbina en un VE es importante ya que busca que se obtenga la menor resistencia al aire posible. Se han realizado estudios relacionados con la recolección de energía eólica en vehículos con distintas configuraciones de ubicación. Por ejemplo, en la parte superior (Quartey *et al.*, 2014), en la parte trasera de una pickup (Awal *et al.*, 2015) y en la parte frontal (Khan *et al.*, 2021).

Materiales y Métodos. El diseño es una combinación de un aerogenerador híbrido conformado por una turbina Darrieus de tipo H, una turbina Savonius y un sistema de tipo Venturi. Para el diseño, es importante definir los parámetros con el objetivo de tener un máximo aprovechamiento en términos de eficiencia energética a velocidades bajas del viento. También, se tendrá una sección Venturi con ángulos de 7° y 21° para la divergencia y convergencia para minimizar las pérdidas de carga. En la Tabla 1 se presentan los parámetros más importantes para el diseño de la turbina.

Tabla 1. Parámetros principales del diseño de la turbina.

Parámetro	Darrieus	Savonius
Número de palas	3	4
Perfil	NACA S1046	N/A
Diámetro del rotor (cm)	16	8
Altura (cm)	20	8
Longitud/radio de aspas (cm)	8	4.4

El modelo 3D de la turbina se realizará mediante SolidWorks. Para la decisión de la mejor ubicación de la turbina en un VE, se realizarán simulaciones de flujo de viento en un modelo 3D de un Tesla S previamente modelado en SolidWorks para obtener el coeficiente de arrastre de cada configuración de ubicación. Las simulaciones se realizarán con condiciones normales de temperatura y presión, la velocidad de fluido será de 50 km/h. Para el cálculo del coeficiente de arrastre, se utilizará la Ecuación 1 para definirla como objetivo en el panel de simulación

$$C_D = \frac{2F_D}{\rho A V^2} \quad (1)$$

Donde C_D , F_D , ρ , A , V , son el coeficiente de arrastre, la fuerza de arrastre, la densidad del fluido, el área frontal y la velocidad del fluido, respectivamente.

Resultados. En la Figura 1 se pueden observar las dimensiones finales y el modelo 3D de la turbina híbrida. Se realizaron las simulaciones de flujo de viento colocando la turbina en dos diferentes posiciones en el VE, véase Figura 2. En la Tabla 2 se resumen los parámetros más importantes obtenidos mediante las simulaciones. Se puede observar que se obtiene un coeficiente de arrastre más elevado si la turbina se encuentra en la parte superior. Cabe mencionar que el C_D en el VE sin la turbina es de 0.3308, similar al que se obtiene con la turbina en la parte frontal.

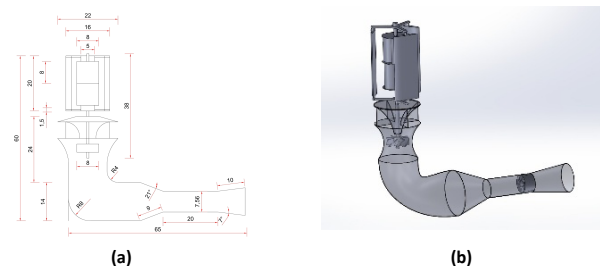


Figura 1. Turbina híbrida: (a) dimensiones y (b) modelo 3D.

Tabla 2. Resultados de las simulaciones para la ubicación de la turbina.

Parámetro	Frontal	Superior
Temperatura del fluido (°C)	25.10	25.10
Velocidad máxima (m/s)	28.52	32.39
Fuerza en Z (N)	85.93	127.18
Coeficiente de arrastre	0.3310	0.4899



Figura 2. Ubicaciones de la turbina híbrida en un VE: (a) parte frontal del VE y (b) parte superior del VE.

Conclusiones. Los estudios aerodinámicos son necesarios para determinar el C_D . Reducir la resistencia al arrastre permite que los VE utilicen menos energía al desplazarse y dado que los VE dependen energéticamente de sus baterías, cualquier ahorro de energía, se traduce en un mayor rango de conducción. De los resultados obtenidos, se puede concluir que la mejor ubicación para la turbina diseñada es en la parte frontal del VE ya que el resultado es similar que se obtiene sin turbina

Bibliografía.

- Awal, M.R.; Jusoh, M.; Sakib, M.N.; Hossain, F.S.; Beson, M.R.C.; Aljunid, S.A. (2015). Design and implementation of vehicle mounted wind turbine. *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, 10, 8699–8860.
- Khan, Z.A.; Sherazi, H.H.R.; Ali, M.; Imran, M.A.; Rehman, I.U.; Chakrabarti, P. Designing a Wind Energy Harvester for Connected Vehicles in Green Cities. *Energies* 2021, 14, 5408. <https://doi.org/10.3390/en14175408>.
- Quartey, G.; Adzimah, S.K. (2014). Generation of electrical power by a wind turbine for charging moving electric cars. *J. Energy Technol. Policy*, 4, 19.

Diseño e implementación de un sistema de control de inventario en una empresa de ensamble de paneles solares fotovoltaicos

Hilda Saucedo-Rivalcoba ¹, Gregorio Hernández-Salinas ^{1,*}, Adela Morales-Vásquez ¹ y María del Carmen Castillo Rojas ²

¹ Docente-Investigador del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, Zongolica 95005, Veracruz, México.

² Estudiante de la Ingeniería en Gestión Empresarial del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica.

* Autor de correspondencia: gregorio_hs@zongolica.tecnm.mx

Energías Renovables (Gestión y optimización de procesos)

Recibido: 11 de junio de 2025

Aceptado: 21 de junio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: código de barras; inventario; croquis; almacén

Introducción. El presente estudio tuvo como objetivo diseñar e implementar códigos de barras, para llevar un control en el sistema de inventarios en una empresa de ensamble de paneles solares fotovoltaicos. Actualmente la empresa enfrenta la dificultad de la localización de materia prima (celdas, cristales, etc). Para abordar esta problemática, se realizó un análisis en el área de almacén de materia prima, en la cual se observó la situación actual y las posibles mejoras, reorganizando la materia prima de acuerdo a las características de ésta. Este diseño ayudó a que cada material tenga un espacio específico, facilitando su localización y reduciendo los tiempos de búsqueda, así como los rezagos por caducidad.

Materiales y Métodos. El estudio se realizó en el área de materia prima de paneles solares fotovoltaicos, en una empresa del estado de Veracruz, México. A continuación, se muestra el método que abarcó la investigación (Figura 1).

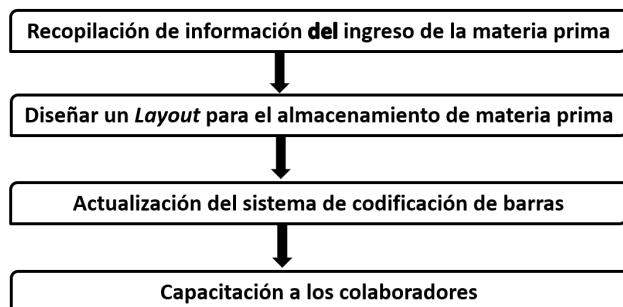


Figura 1. Diagrama para el sistema de control de inventarios.

1. Recopilación de información del ingreso de la materia prima. En este punto se realizó una recopilación de información del ingreso de la materia prima, considerando los datos de los últimos tres años en la recepción de los materiales.

2. Diseñar un croquis para el almacenamiento de materia prima. Se diseñó un croquis en donde se presenta el área distribuida de acuerdo a su capacidad de almacenaje.

3. Control de inventario. Se diseñaron etiquetas con las especificaciones técnicas, lo cual ayuda a la identificación y manejo de materia prima.

4. Bitácora de entrada y salida de materia prima. Se hizo un registro detallado de cada materia prima, logrando tener un control de ingreso.

5. Actualización del sistema de codificación de barras. Se diseñó la codificación de barras para cada materia prima.

Respecto a la implementación, se realizó una capacitación en la cual se les presentó, cómo generar un código de barras, la ubicación de cada materia prima, dando como resultado el seguimiento y control en el área de almacén de materia prima.

Resultados. Se diseñó un croquis, el cual consta de siete secciones para el acomodo de la materia prima (Figura 2). Una vez identificada cada sección, se procedió a generar etiquetas de identificación (Figura 3).

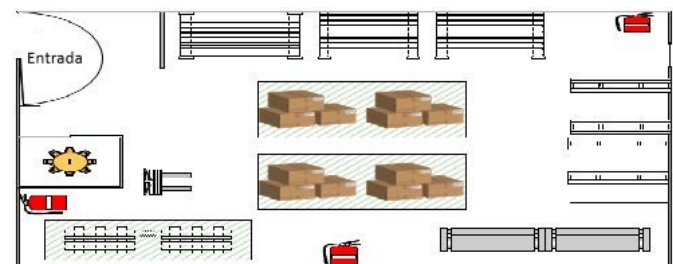


Figura 2. Croquis del almacén de materia prima.



Figura 3. Etiquetas de identificación.

Conclusiones. Nuestros hallazgos permiten mejorar el seguimiento y control del inventario, la actualización del sistema de codificación, facilita la localización rápida y precisa de los materiales optimizando los tiempos de operación y fortaleciendo la eficiencia operativa de la empresa.

Bibliografía.

Elizalde-Marín, L. (2018). Gestión de almacenes para el fortalecimiento de la administración de inventarios. Observatorio de la Economía Latinoamericana. <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/11/almacenes-inventarios.html/hdl.handle.net/20.500.11763/oel1811almacenes-inventarios>.

Comparación de la composición iónica del depósito húmedo atmosférico en dos épocas distintas en Campeche

Alberto Antonio Espinosa-Guzmán ^{1,*}, Rodolfo Sosa-Echeverría ², Ana Luisa Alarcón-Jiménez ² y Pablo Sánchez-Álvarez ²

¹ Secihti-UAC, Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche, San Francisco de Campeche, Campeche, México.

² Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

* Autor de correspondencia: aaespino@uacam.mx; Tel.:5545682490, C.P. 24070.

Contaminación de Aire (Monitoreo de contaminantes)

Recibido: 12 de junio de 2025

Aceptado: 21 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Golfo de México, especies iónicas, Campeche, depósito húmedo atmosférico, calidad del aire

Introducción. En este trabajo se presentan resultados de la composición química en muestras de lluvia durante dos épocas distintas (2006 a 2012 y de 2015 a 2022). El objetivo es mostrar el comportamiento de las especies iónicas y de acidez, en muestras de lluvia en la península de Yucatán. Actualmente la lluvia ácida representa un problema potencial que incide de forma directa sobre todos los ecosistemas y en el deterioro de materiales de interés histórico-artístico. Las emisiones de contaminantes como: SO₂, NO_x, NH₃; son en su mayoría de origen antropogénico, siendo las actividades industriales, las emisiones vehiculares y la quema de biomasa las principales fuentes de estos componentes a la atmósfera (Gallego *et al.*, 2012). Los iones como: NH₄⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻; tienen como consecuencia impactos ambientales negativos y problemas en la salud y daños al patrimonio histórico de las ciudades. No obstante, iones como: NH₄⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻ se encuentran presentes tanto en lluvias como en partículas, razón por la cual es necesario hacer mediciones totales con la finalidad de evaluar las entradas y salidas de estos componentes en distintos ecosistemas a raíz de la deposición atmosférica (John *et al.* 1990). En este sentido, se observó una tendencia alcalina en las muestras de lluvia, debido a la neutralización que ejercen partículas alcalinas sobre las especies ácidas presentes en el aire. Se evaluó la relación SO₄²⁻/NO₃⁻, como indicador de la eficiencia en las estrategias de reducción de sus precursores, sugiriendo una disminución del uso de compuestos que utilizan azufre, sugiriendo que en Campeche las emisiones por compuestos de azufre están relacionados por actividades locales como, quema de biomasa y de campos de cultivo.

Materiales y Métodos. Se instaló un equipo automático (Modelo 301, Aerochem Metrics, Inc.) para la colecta de las muestras, empleando procedimientos basados por el Programa Nacional de Deposición Ácida de los Estados Unidos de América (NADP) (NADP,2004). El equipo se ubicó en la azotea del edificio del Centro de Investigación en Corrosión (19.802181N, -90.506178W) de la Universidad Autónoma de Campeche. Se recolectaron muestras en dos periodos distintos: a) 2006 a 2012 y b) 2015 a 2022. El análisis químico consistió en la determinación de los siguientes parámetros: pH, conductividad, concentración de cationes: Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺; y aniones: SO₄²⁻, Cl⁻ y NO₃⁻. La técnica analítica para la identificación y cuantificación de los iones se basó en el Método EPA 300.1 (Hautman y Munch, 1997).

Resultados. Se recolectaron un total de 311 muestras de lluvia para el periodo de 2006 a 2012 y se determinó un valor promedio de pH de 6.3. Un total de 246 muestras fueron recolectadas para el periodo de 2015 a 2022, el valor promedio de pH fue de 6.5. En ambos periodos el valor de pH indica una tendencia alcalina en las muestras de lluvia, debido al alto contenido de carbonato de calcio (CaCO₃) que proviene del suelo y que es característico de la península de Yucatán (Espinosa *et al.*, 2019), ya que la presencia de este mineral se encuentra de forma endémica en la región. Por otra parte, se determinó altos niveles de Cl⁻ y Na⁺ debido muy probablemente a la contribución de sal marina,

Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, debido a origen geológico y la contribución de SO₄²⁻ y NO₃⁻ debe estar relacionado con actividades antropogénicas y uso de combustibles.

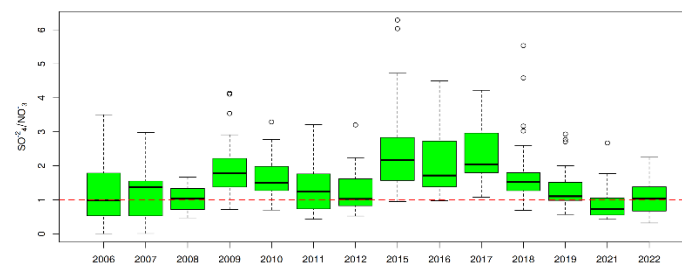


Figura 1. Comportamiento de la relación SO₄²⁻/NO₃⁻, para dos épocas distintas en Campeche.

Relación SO₄²⁻/NO₃⁻. Es un indicador utilizado para evaluar si existe una reducción de las emisiones de SO₂ y NO_x, ya que estos contaminantes atmosféricos influyen directamente en las concentraciones de iones SO₄²⁻, NO₃⁻ en la atmósfera. Los valores superiores que 1 indican una mayor importancia de los compuestos de azufre como precursores de la lluvia ácida y las emisiones proceden de fuentes antropogénicas. Los resultados de la relación SO₄²⁻/NO₃⁻ indican que existe una importante fuente de emisiones de compuestos de azufre en Campeche, sin embargo, en los últimos años muestra una tendencia a disminuir para el segundo periodo de estudio, sugiriendo que la presencia de estos iones está relacionada con actividades antropogénicas, y con emisiones de los vehículos automotores.

Conclusiones. Los resultados indicaron que las muestras de Campeche son típicamente de carácter alcalino, con fuertes correlaciones con el ion Ca²⁺, asegurando que el fenómeno de lluvia ácida no existe en las costas de Campeche, debido a la influencia que ejercen minerales como carbonatos que es una especie endémica de la región. En este estudio se determinó que la composición de los iones solubles en la región es debido principalmente por fuentes geológicas y en menor medida por el tráfico vehicular, sin embargo los datos muestran una tendencia a disminuir iones NO₃⁻, SO₄²⁻ y la relación de SO₄²⁻/NO₃⁻ sugiere que existe un uso de compuestos relacionados con azufre.

Bibliografía.

- Espinosa, A. A., Miranda, J., Hernández, E., Reyes, J., Alarcón, A. L., Torres, M. C., & Sosa, R. (2019). Temporal variation of suspended particles (TSP, PM 10, and PM 2.5) and chemical composition of PM 10 in a site at the coast of the Gulf of Mexico. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12, 1267-1277.
- Gallego, P. González I., Sánchez G., Fernández P. Garcicuño R., Bravo. J. (2012). Contaminación Atmosférica. Madrid. UNED.
- Hautman, Daniel P and Munch, David J. (1997). Method 300.1 Determination of inorganic anions in drinking water by ion chromatography. EPA. Ohio.
- Jhon W, Wall SM, Ondon JL & Winklamayr W. (1990). Models in the size distributions of atmospheric inorganic aerosol. *Atmospheric Environment*. 24: 2349-2359.
- NADP. National Atmospheric Deposition Program-National Trens Network. (2004) www.nadp.sws.uiuc.edu

Metarhizium anisopliae como endófito para la estimulación del crecimiento y producción de fitohormonas en Solanum lycopersicum

Estefanía Paola Severo-Martínez^{1*}, Tania Volke-Sepulveda¹ y Nancy Velasco- Alvarez¹

Laboratorio de Bioingeniería Ambiental, Biotecnología, UAM-I, Ciudad de México, México.

* Autor de correspondencia: paesstt18@gmail.com; Tel.: 5548910865

Desarrollo Sustentable (Agricultura sustentable)

Recibido: 12 de junio de 2025

Aceptado: 10 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: endofiticidad; entomopatógeno; pigmentos fotosintéticos, fitohormona

Introducción. El jitomate (*Solanum lycopersicum*) es un cultivo de importancia global por su valor económico y alto consumo. Sin embargo, su producción enfrenta desafíos como las enfermedades causadas por plagas de insectos y patógenos del suelo que afectan el rendimiento y la calidad del fruto (ICAMEX, 2024). Ante la necesidad de reducir el uso de fertilizantes químicos, se han explorado alternativas sostenibles, como la asociación con hongos entomopatógenos que actúan como endófitos promoviendo el crecimiento vegetal. Se ha demostrado que *Beauveria bassiana*, *Metarhizium* spp. y *Lecanicillium* spp. establecen relaciones simbióticas con las plantas, mejorando la absorción de nutrientes, la producción de biomasa y la síntesis de fitohormonas. Por ejemplo, se ha reportado que *M. anisopliae* promueve el crecimiento en cultivos como maíz y frijol, incrementando la altura de la planta (Liao *et al.*, 2017). *B. bassiana* puede inducir el aumento de la biomasa, longitud de las plantas y pigmentos fotosintéticos en plantas de tomate. El objetivo del estudio fue evaluar el papel de *M. anisopliae* como endófito promotor de crecimiento vegetal en jitomate mediante la modulación de fitohormonas y la mejora de parámetros fisiológicos, para proponer su uso como una , alternativa sostenible para reducir el uso de agroquímicos.

Materiales y Métodos. Se analizaron plantas de *S. lycopersicum* con y sin inocular con *M. anisopliae* (n=5). Las semillas se sembraron en recipientes con turba y éstas se inocularon con 10 mL de una suspensión de conidios de *M. anisopliae* (1x10⁷ conidios/mL). Después de 22 días, con un fotoperíodo a 27°C. Se evaluó la endofiticidad mediante el aislamiento del hongo en medio PDA. Para ello, se tomaron fragmentos de raíz, tallo y hoja, que se colocaron en la superficie de cajas de Petri con medio PDA. El crecimiento vegetal se cuantificó en hojas, tallo y raíces por peso seco (60°C, 24 h). Para analizar el contenido de clorofilas a y b y de carotenoides se realizó un extracción con acetona (80%) usando 0.5 g de tejido foliar. La cuantificación de pigmentos se realizó por espectrofotometría a 663, 646 y 470 nm (Lichtenthaler, 1989). Para el análisis de giberelinas, se maceraron 0.5 g de tejido vegetal en 2.5 ml de etanol (96 %), adicionando HCl hasta 10 ml. El extracto obtenido se analizó por espectrofotometría (254 nm). El análisis de citocininas se realizó usando muestras de 0.5 g de tejido vegetal, que fueron extraídas con etanol-cloroformo 3 mL; la concentración de citocininas en el extracto se determinó a 260 nm (Unyayar *et al.*, 1996).

Resultados. La inoculación de plantas de jitomate con *M. anisopliae* promueve significativamente su crecimiento, encontrando un incremento de hasta 2 veces en la biomasa de la parte aérea y 2.6 veces en la raíz en comparación con el control (Figura 1a). Este efecto también se observó en plantas de maíz asociadas con *Metarhizium* spp, lo que podría atribuirse a la capacidad del hongo para comportarse como un endófito, lo que puede facilitar la absorción de nutrientes.

La inoculación de las plantas con el hongo mejoró significativamente (entre 1.13 y 2.5 veces) la producción de pigmentos(Figura 1b), lo que

indica una mayor eficiencia fotosintética, posiblemente como respuesta adaptativa a la demanda energética inducida por *M. anisopliae*, algo similar a lo reportado en otras asociaciones planta-hongo (Zhang *et al.*, 2016).

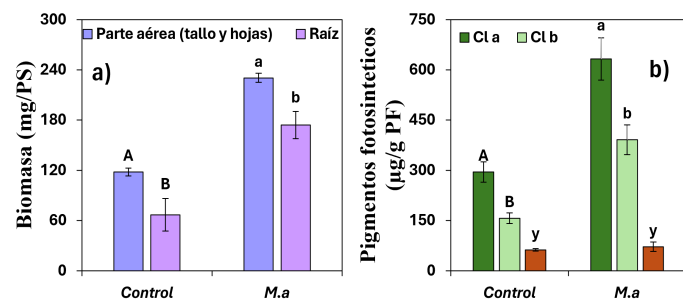


Figura 1. Efecto de *M. anisopliae* (M.a) en la producción de biomasa (a) y pigmentos fotosintéticos (b) en plantas de jitomate de 22 días.(CI a (clorofila a), CI b (clorofila b), y Car (carotenoides)). Peso seco (PS), peso fresco (PF). Las barras verticales muestran la desviación estándar (n=5). Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0.05, prueba de Tukey).

La concentración de fitohormonas también aumentó por efecto de la inoculación (Tabla 1), encontrando casi el doble en ambos casos en las plantas inoculadas. Ya se ha demostrado que *Metarhizium* spp. promueve la elongación celular por efecto de la producción de giberelinas.

Tabla 1. Producción de fitohormonas en plantas de jitomate en asociación endófito o no (control) con *M. anisopliae*

Tratamiento	Citocininas (µg/g PF)		Giberelinas (GA ₃) (µg/g PF)	
	Raíz	Hoja	Raíz	Hoja
Control	49.15 ± 2.23	43.28 ± 2.59	97.51 ± 4.13	113.59 ± 6.04
<i>M. anisopliae</i>	83.70 ± 2.01	83.82 ± 1.48	173.64 ± 4.95	201.25 ± 11.35

Conclusiones. *M. anisopliae* mostró un notable potencial como endófito promotor del crecimiento en plantas de jitomate, favoreciendo un aumento significativo en la biomasa. Su efecto no se limita únicamente a la producción de fitohormonas , sino que su interacción con la planta regula procesos fisiológicos clave optimizando el desarrollo vegetal.

Bibliografía.

- Jaber, L. R., & Ownley, B. H. (2018). Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens?. *Biological control*, 116, 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.018>
- Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*. (148). 350-382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
- Zhang, S., Gan, Y., & Xu, B. (2016). Application of plant-growth-promoting fungi *Trichoderma longibrachiatum* T6 enhances tolerance of wheat to salt stress through improvement of antioxidative defense system and gene expression. *Frontiers in plant science*, 7, 1405. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2016.01405/full>

Codigestión anaerobia de lactosuero y purines vacunos para transitar hacia la circularidad

María Rebollo-Sampedro ¹, Esther Acha ^{1,2}, Estíbaliz Sáez de Cámara ^{1,2}, Erlantz Lizundia ^{1,3} y Ion Agirre ^{1,2,*}

¹ Aula de Transición Energética Fundación Repsol sobre Economía Circular. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Bilbao. España.

² Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Bilbao. España.

³ Departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Bilbao. España.

* Autor de correspondencia: ion.agirre@ehu.eus

Energías Renovables (Biomasa)

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 21 de junio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: codigestión anaerobia; lactosuero; purines; biogás; valorización energética

Introducción. La actividad alimentaria y ganadera da lugar a importantes volúmenes de subproductos de alta carga orgánica, entre los que se encuentran el lactosuero derivado de la industria quesera, y el purín, de explotaciones ganaderas. Ambos presentan un gran desafío ambiental, debido a su alto potencial contaminante (Flotats Ripoll, 2022; Prazeres *et al.*, 2012). La actividad quesera genera 9 kg de lactosuero por cada kilogramo de queso (Díaz, 2020). En Europa, este sector produjo 98,5 millones de toneladas de lactosuero en 2023 (European Union, 2025). Por otro lado, la ganadería produjo 1400 Mt de estiércol y purines al año, en la UE y Reino Unido entre el 2016 y 2019 (Köninger *et al.*, 2021).

Estudios previos han demostrado el potencial de valorización de estos dos subproductos/residuos mediante digestión anaerobia para la producción de biogás. En particular, la codigestión anaerobia permite mejorar la estabilidad del proceso y aumentar la producción de metano, aprovechando la alta biodegradabilidad del lactosuero y el aporte nutricional de los purines (Esposito *et al.*, 2012). No obstante, aún son necesarios estudios adicionales para optimizar el tratamiento y escalarlo a nivel industrial. En este contexto, se ha llevado a cabo el presente trabajo, centrado en la digestión anaerobia del lactosuero y en su codigestión con purines, a fin de comparar el rendimiento de ambos procesos.

Materiales y Métodos. Se han empleado como sustratos lactosuero dulce y purín, ambos de origen bovino, y el inóculo procede de la digestión anaerobia de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR).

Las digestiones se han realizado en reactores discontinuos a temperatura y agitación constante. El volumen de biogás generado se ha cuantificado por desplazamiento de agua mientras que la composición se ha analizado por cromatografía de gases (GC) con un equipo Agilent 7890A (Figura 1).

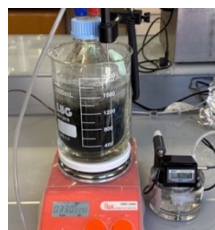


Figura 1. Biodigestor con MilliGascounter®.

Resultados. Para evaluar la eficiencia de la degradación de estos sustratos, en primer lugar, se ha estudiado el efecto de la temperatura (35 °C, 39 °C, y 55 °C) con mezclas de lactosuero: inóculo en una relación de 1:2 expresado como sólidos volátiles (SV). Los resultados obtenidos han mostrado que 39 °C (rango mesófilo) es la temperatura que mejor rendimiento ofrece, ya que genera mayor volumen de biogás, con mayor contenido de metano, y presenta un comportamiento más estable y progresivo en el tiempo. La producción de CH₄ y CO₂ en uno de los reactores operando a 39 °C da lugar a 2,51 L de biogás (75:25 vol% de CH₄ : CO₂) (ver Figura 2).

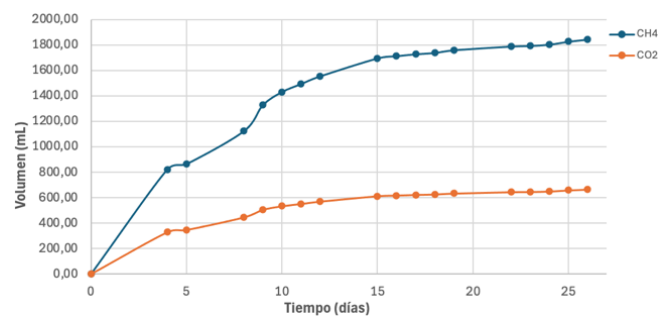


Figura 2. Volumen de CH₄ y CO₂ producido en el reactor 4 a 39 °C.

A continuación, se ha estudiado la codigestión del lactosuero con purín bovino a 39 °C, evaluando tres proporciones (ver Tabla 1).

Tabla 1. Proporciones reactores de la segunda tanda.

	Reactores 1 y 2	Reactor 2 y 3	Reactor 3 y 4
Sustrato:Inóculo (SV)	1:2	1:2	1:2
Sustrato (SV)	Purín	Lactosuero:Purín 1:1	Lactosuero:Purín 1:2

Los resultados preliminares muestran que la relación de los reactores 2 y 3 presenta el mejor rendimiento, tanto en volumen de gas generado como en la composición de CH₄ frente al CO₂, dando lugar a una sinergia positiva de la codigestión.

Conclusiones. Los resultados de este estudio muestran que la codigestión anaerobia del lactosuero y el purín podría favorecer la producción del biogás en comparación a una digestión mono-sustrato, permitiendo recuperar su energía y avanzar hacia la circularidad de estos subproductos.

Bibliografía

- Díaz, M. (2020). *El aprovechamiento del lactosuero para nuevos productos*. Red Estratégica SOSTALIMEN. <https://www.uniovi.es/poloalimentario/el-av aprovechamiento-del-lactosuero-para-nuevos-productos/>
- Esposito, G., Frunzo, L., Giordano, A., Liotta, F., Panico, A., & Pirozzi, F. (2012). Anaerobic co-digestion of organic wastes. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 11(4), 325-341. <https://doi.org/10.1007/s11157-012-9277-8>
- European Union. (2025). Eurostat: Production of Cheese. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00040_custom_1696174_1/default/bar?lang=en
- Flotats Ripoll, X. (2022). Manure management and emission of polluting gases. *IVIS*.
- Köninger, J., Lugato, E., Panagos, P., Kochupillai, M., Orgiazzi, A., & Briones, M. J. I. (2021). Manure management and soil biodiversity: Towards more sustainable food systems in the EU. *Agricultural Systems*, 194, 103251. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103251>
- Prazeres, A. R., Carvalho, F., & Rivas, J. (2012). Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management*, 110, 48-68. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.018>

Conversión hidrotermal de residuos de aguacate: proceso sostenible para la producción de compuestos fenólicos

B. Esquivel-Elisalde ¹, C.S. Martínez-Sánchez ¹, S. Sabino-Sánchez ¹, I.S. Sanluis-Altamirano ¹, X. Lozada-Galván ¹, R. Rios-Escobedo ¹, C. García-Mendoza ^{1,2}, G. Contreras-Zarazúa ¹, C.E. Santolalla-Vargas ², M.E. García-Pérez ³, J.A. de los Reyes ¹ y V.A. Suárez Toriello ^{1,4,*}

¹ Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa, Iztapalapa-CDMX, México

² Departamento de Biociencias e Ingeniería, CIIEMAD, Instituto Politécnico Nacional, Gustavo A. Madero-CDMX, México.

³ Facultad de Químico-Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia-MICH, México

⁴ IxM SECIHTI, Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), Benito Juárez-CDMX, México.

* Autor de correspondencia: vsuarez@seciht.mx; +52 55 3264 3928

Desarrollo Sustentable (Gestión y aprovechamiento de residuos sólidos)

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 26 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: polifenoles; conversión hidrotermal; residuos de aguacate

Introducción. La cáscara y semilla de aguacate es un subproducto abundante de la agroindustria mexicana, su disposición inadecuada genera retos ambientales significativos, al mismo tiempo, es una fuente rica en compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes (Avalos *et al.*, 2023). El proceso de conversión hidrotermal permite obtener compuestos polifenólicos a condiciones subcríticas, sin necesidad de secado previo o uso de solventes tóxicos. Esta tecnología favorece la despolimerización de lignocelulosa y generación de polifenoles solubles con aplicaciones cosméticas, farmacéuticas y nutraceuticas, obteniendo hydrochar como subproducto carbonoso (Rodríguez *et al.*, 2023). En este trabajo se estudia el proceso de conversión hidrotermal de cáscara de aguacate para la obtención de polifenoles solubles, con el propósito de establecer su viabilidad técnica y ambiental del proceso.

Materiales y Métodos. Se utilizó cáscara y semilla de aguacate (*Persea americana mill*) como biomasa modelo. Se realizó la caracterización proxima/ultima de biomasa fresca y se realizó un pretratamiento (lavado, triturado, secado, molienda) para su conservación y homogenización. La masa seca se tamizó y almacenó en refrigeración, oscuridad y baja humedad. La reacción hidrotermal se realizó en un reactor por lotes a distintas temperaturas (170, 200 y 230 °C), bajo condiciones: 62 µm, 300 rpm y 0.07 g/mL. La fracción líquida derivada se recuperó por centrifugación y filtración al vacío. Ambas fracciones se analizaron por ATR-FTIR. La fracción de carbono fue determinada mediante análisis COT y CHNS/O, mientras que la concentración de polifenoles totales en la fracción líquida fue determinada por espectrofotometría por el método Folin-Ciocalteu. Los perfiles de concentración experimental se ajustaron a un modelo cinético de parámetros agrupados. El proceso se evaluó con base en 7,200 ton/día de residuos, utilizando Aspen Plus; considerando un bloque RYIELD y modelo SRK. La fracción líquida se modeló considerando una solución concentrada de polifenoles, representados por compuestos modelo: ácido gálico, genisteína y flavonol. La optimización del proceso se realizó mediante análisis de sensibilidad, utilizando el modelo NRTL para la etapa de separación. La viabilidad técnica y ambiental se determinó por TAC y EI99, respectivamente.

Resultados. La caracterización proximal de residuo de aguacate mostró hasta un 36% de lignina, precursor de los compuestos fenólicos. Derivado de la conversión hidrotermal del residuo, se alcanzaron concentraciones >100 mg_{GAE}/g_{biomasa} (Figura 1a); hasta 4 veces superior a lo reportado en la extracción convencional (Avalos *et al.*, 2023). Los perfiles concentración-tiempo se ajustaron relativamente bien (R^2 : 0.94) a un mecanismo triangular (Figura 1b), sugiriendo una etapa de despolimerización de lignocelulosa a compuestos orgánicos oxigenados, seguido de la condensación de estos compuestos oxigenados para formar hydrochar, con formación

mínima de gases (Figura 1b). La energía de activación asociada a la formación de polifenoles fue de 62.7 kJ/mol, mientras que su condensación es de 106.3 kJ/mol.

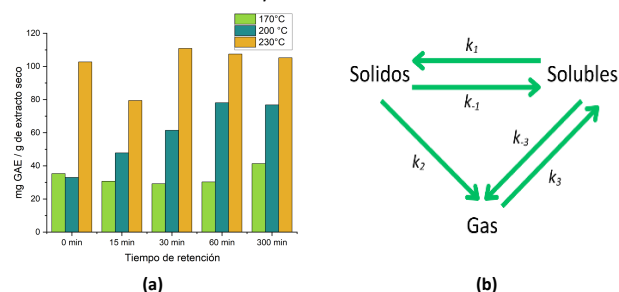


Figura 1. (a) perfil de polifenoles totales (mg_{GAE}/g_{biomasa}) a diferentes temperaturas, y (b) esquema de reacción simplificado del proceso.

El hydrochar alcanzó rendimientos de hasta 30 %-peso y una relación H/C= 0.64 y O/C= 0.36, indicando un estado de carbonización intermedio. El análisis ATR-FTIR identificó especies químicas superficiales oxigenadas (carboxilo, lactona y fenoles, principalmente), sugiriendo una alta funcionalidad superficial con aplicación potencial como adsorbente y acondicionador de suelo. El análisis del proceso evidenció una viabilidad operativa, con costos de tratamiento ~2.1 USD/kg biomasa procesada, considerando biochar y extractos fenólicos como productos. Además, se estimaron emisiones de hasta 1.1 T_{CO2,eq}/T_{residuo}, emuy por debajo de lo generado mediante composta.

Conclusiones. La conversión hidrotermal de residuos de aguacate permite obtener extractos ricos en compuestos fenólicos solubles por encima de métodos convencionales. El proceso es viable y con impacto ambiental reducido en comparación con métodos tradicionales de disposición. Estos hallazgos respaldan el potencial del proceso hidrotermal como una alternativa sustentable para la valorización de residuos agroindustriales ricos en lignocelulosa.

Agradecimientos. CAR SECTEI/140/2024: “Valorización de residuos orgánicos generados en la CDMX mediante técnicas de conversión hidrotermal”.

Bibliografía:

- Avalos, M., Santolalla-Vargas, C.E., Santes, V.F., Martínez, H.E., Torres, E., López, J.E., Virgen, J.J., Pérez, E., & García-Pérez, M.E. (2023). Valorization of avocado peels by conventional extraction and hydrothermal carbonization for cosmeceutical applications. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101335>
- Rodríguez, O.M., Nadarajah, K., Suarez-Toriello, V. A., Bandala, E. R., & Goonetilleke, A. (2023). Engineered hydrochar production methodologies, key factors influencing agriculture wastewater treatment, and life cycle analysis: A critical review. *Journal of Water Process Engineering*, 56, 104483. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104483>

Síntesis y caracterización de TiO_2 dopado con Ho^{3+} con potencial aplicación en celdas solares de perovskita

Keydis Amado-Méndez ^{1,*}, Geonel Rodríguez-Gattorno ¹ y David Meneses-Rodríguez ²

¹ Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Mérida, Yucatán, México

² Investigadores por México SECIHTI, Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Mérida, Yucatán, México

* Autor de correspondencia: keydis.amado@cinvestav.mx

Energías Renovables (Energía solar: Materiales tipo n y tipo p)

Recibido: 7 de junio de 2025

Aceptado: 12 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: dióxido de titanio; tierras raras; capa transportadora de electrones

Introducción. Las celdas solares de perovskita (PSC) han emergido como una alternativa prometedora dentro del campo de las energías renovables por su alta eficiencia y bajo costo de fabricación. En una arquitectura p-i-n, el TiO_2 es un material ampliamente utilizado como material semiconductor tipo-n para facilitar el transporte y recolección de los electrones, aunque su baja conductividad y movilidad de carga representan limitaciones.

Para superar estos desafíos, una estrategia eficaz es el dopaje del TiO_2 con elementos de tierras raras (RE), cuyos procesos de conversión ascendente (UC) y descendente (DC) permiten un mejor aprovechamiento de la luz solar al transformar fotones de baja energía en portadores útiles para la generación de electricidad.

En este trabajo, se propone el dopaje de TiO_2 con Holmio (Ho^{3+}) como dopante, con el fin de modificar sus propiedades estructurales y electrónicas, lo que lo convierte en un candidato prometedor para optimizar el rendimiento de la capa transportadora de electrones (ETL) y en consecuencia la eficiencia global de las PSC.

Materiales y Métodos. La metodología de síntesis de nanopartículas de Ho-TiO_2 se realizó empleando método hidrotermal asistido por microondas como se muestra en la Figura 1. Como precursores se emplearon una mezcla de tetraisopropóxido de titanio (IV) (TTIP) y $\text{Ho}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, en un medio orgánico como el isopropanol. Las nanopartículas obtenidas se caracterizaron mediante Difracción de Rayos X (DRX), Espectroscopía Fotoelectrónica de Rayos X (XPS), Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), Espectroscopía de Energía Dispersiva (EDS) y análisis de superficies por ad/ab-sorción de gases (BET).



Figura 1. Proceso de síntesis hidrotermal asistida por microondas para el dopaje de TiO_2 con Holmio.

Resultados. La caracterización morfológica realizada por SEM y EDS que se muestran en la Figura 2, nos indica, que las nanopartículas presentan una morfología aparentemente esférica (fase anatasa). Mientras, el análisis de EDS confirmó la presencia de Ho en la muestra, con un porcentaje atómico de aproximadamente 0.25 %, lo que nos indica que existe una incorporación efectiva del dopante en la matriz de TiO_2 .

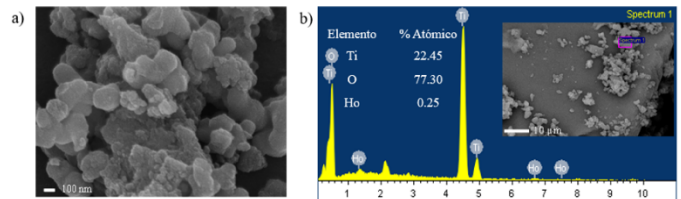


Figura 2. a, b) Imágenes SEM-EDS de nanopartículas Ho-TiO_2 , respectivamente.

En la Figura 3 se observan los resultados de la DRX, los cuales muestran la presencia de fase anatasa en las nanopartículas de TiO_2 dopadas con Ho. Asimismo, se detectaron variaciones en la posición de los picos, que se atribuye a un efecto sinérgico de distorsiones locales provocadas por la sustitución parcial de iones Ti^{4+} por Ho^{3+} como dopante en la red cristalina y la formación de defectos.

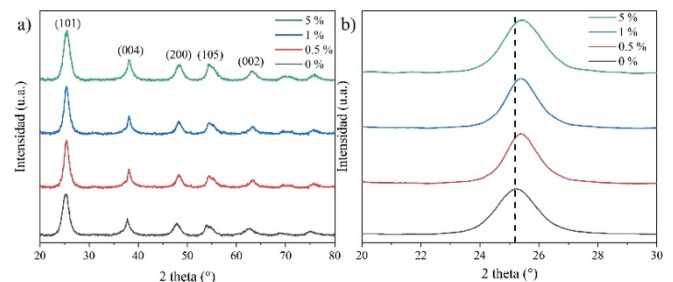


Figura 3. a) Difractogramas de las nanopartículas de Ho-TiO_2 en fase anatasa y b) picos correspondientes al plano cristalográfico (101) para las nanopartículas de Ho-TiO_2 .

Conclusiones. Los análisis preliminares indican que el dopaje con Holmio realizado podría estar incidiendo en ciertas modificaciones de las propiedades estructurales del TiO_2 sin comprometer su comportamiento tipo-n. Esta posible conservación de su naturaleza electrónica es relevante en el contexto de su potencial aplicación como ETL en dispositivos fotovoltaicos de próxima generación.

Bibliografía.

- Mao, G.-P., Wang, W., Shao, S., Sun, X.-J., Chen, S.-A., Li, M.-H., & Li, H.-M. (2018). Research progress in electron transport layer in perovskite solar cells. *Rare Metals*, 37, 95–106.
- Prakash, J., Kumar, A., Dai, H., Janegitz, B. C., Krishnan, V., Swart, H. C., & Sun, S. (2021). Novel rare earth metal-doped one-dimensional TiO_2 nanostructures: Fundamentals and multifunctional applications. *Materials Today Sustainability*, 13, 100066.
- Qawareer, F., Azhar, A. H., Haiqian, Z., Atef, E. J., & Moutaz, A. (2024). A critical review on advancement and challenges in using TiO_2 as electron transport layer for perovskite solar cell. *Materials Today Sustainability*, 27, 100857.
- Tsotetsi, D., Dhlamini, M., & Mbule, P. (2022). Sol-gel synthesis and characterization of Ho^{3+} doped TiO_2 nanoparticles: Evaluation of absorption efficiency and electrical conductivity for possible application in perovskite solar cells. *Optical Materials*, 130, 112569.

Producción de H₂ por reformación catalítica de glicerol o etanol separando CO₂

Figueroa Aragón Anabel *, Contreras Larios José Luis, López Medina Ricardo, González Naomi, Triano Carballo José Manuel, Tapia Medina Carlos Rogelio y Pala Rosas Israel

Laboratorio del área de procesos de la industria química, departamento de energía, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, ciudad de México

* Autor de correspondencia: aragon9026@gmail.com; Tel.: 5561465011

Energías Renovables (Producción de hidrógeno)

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 7 de agosto de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Hidrógeno; dióxido de carbono; metanación

Introducción. El proceso de reformado con agua de alcoholes derivados de la fermentación, así como compuestos de la biomasa ha demostrado ser sustentable y la tecnología está migrando hacia abandonar el proceso a partir de fuentes fósiles.

La reacción de reformado de glicerol con vapor de agua se lleva a cabo en dos etapas (Davda *et al.*, 2025; Shabaker *et al.*, 2004). La primera es el rompimiento de los enlaces C-C seguido por la reacción llamada “water gas shift” produciendo H₂ y CO₂. En la realidad, se llevan a cabo varias reacciones y algunos subproductos pueden ser: acetol, etanol, ácido acético, hidroxiacetaldehído, metano y CO (Hirai *et al.*, 2005).

Por otra parte, la reacción de metanación se puede llevar a cabo a partir de la reacción de reformado de glicerol. La reacción de metanación es una reacción química que convierte el monóxido de carbono y/o el dióxido de carbono en metano

Materiales y Métodos. Se realizó un análisis del equilibrio líquido-vapor y del equilibrio químico del sistema agua-glicerol con ayuda del software de simulación de procesos químicos Aspen Plus V10, determinando las fracciones molares de CO, CH₄, H₂ y CO₂. También se realizó la simulación de la reacción de metanación empleando el modelo NTRL variando la temperatura y la presión. También se realizó la reacción de metanación experimentalmente, empleando catalizadores de Ni/CeO₂ por el método de impregnación y coprecipitación

Resultados. En la Figura 1 se muestra el efecto de la temperatura sobre la composición de equilibrio de los productos de la reacción a 1 atm. Claramente se observa un mayor rendimiento de H₂ a altas temperaturas 973 K (700°C) y también se encontró un mayor rendimiento de CO. Por su parte la producción de CO₂ pasa por un máximo a 823K (550°C) y disminuye al aumentar la temperatura, este comportamiento podría ser atribuido a la reformación de CH₄ con CO₂

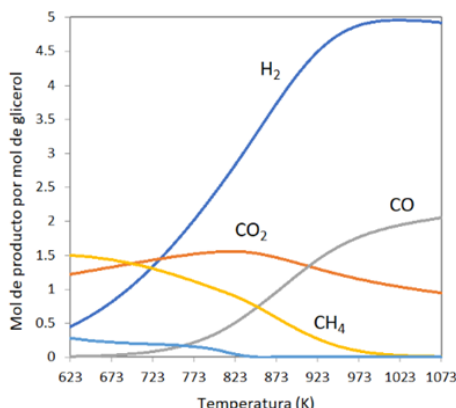


Figura 1. Concentración de productos de la reacción

En la Figura 2 se observa que un aumento en la temperatura favorece la producción de hidrógeno. Existe un máximo de producción de CH₄ a partir de los 100°C.

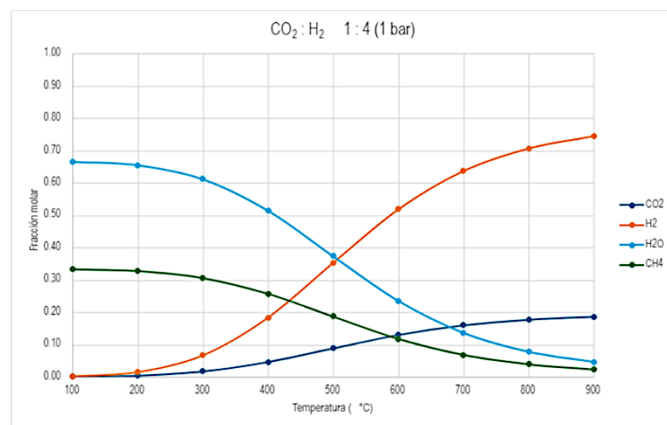


Figura 2. Efecto de la temperatura CO₂:H₂ 1:4 bar

Conclusiones. Es posible aprovechar el glicerol producido en el proceso de fabricación de biodiesel convirtiéndolo en H₂ a partir del proceso de reformación del glicerol con vapor de agua, el cual es termodinámicamente factible. Por medio del método de cálculo de minimización de energía libre de Gibbs total, se obtuvieron los resultados de rendimientos al equilibrio de H₂, CH₄, CO y CO₂, donde se observó la mayor producción de H₂ a 600°C. También se encontró que el rendimiento a H₂ disminuye con el aumento en la presión total siendo favorable realizar la reacción a presión de 1 atm y que el aumento de la temperatura favorece la producción de H₂ hasta temperaturas de 600-700 °C.. Las mejores condiciones de operación del reactor será operar a una relación agua/glicerol de 10 a una temperatura de 600°C y a una presión de 1 atm. Para el análisis termodinámico de la reacción de metanación del CO, del CO₂ con H₂ indica que a bajas temperaturas 100 °C y presiones de 10 bar se tiene una buena producción de metano.

Bibliografía.

- Acar, C., & Dincer, I. (2014). Comparative assessment of hydrogen production methods from renewable and non-renewable sources. *International journal of hydrogen energy*, 39(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.10.060>
- Adhikari, S., Fernando, S., Gwaltney, S. R., To, S. F., Bricka, R. M., Steele, P. H., & Haryanto, A. (2007). A thermodynamic analysis of hydrogen production by steam reforming of glycerol. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(14), 2875-2880. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2007.03.023>

Factores de influencia para la transferencia tecnológica de sistemas biodigestores de bajo costo. Caso de estudio: Zonas rurales sudcalifornianas

Deneb Peredo Mancilla ¹, Edwin Zelaya Benavides ², Damaris Fernández Escamilla ¹ y Alfredo Bermúdez Contreras ^{3,*}

¹ Laboratorio de Análisis y Obtención de Bioenergía, Departamento de Ingeniería en Pesquerías, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México.

² Universidad Autónoma Comunal de Oaxaca, Centro Universitario Comunal de San Andrés Solaga, Oaxaca, México.

³ Laboratorio de Energías Renovables, Departamento de Ingeniería en Pesquerías, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México.

* Autor de correspondencia: abermudez@uabcs.mx; Tel.: +52(612)1238800

Desarrollo Sustentable (Transferencia de tecnología para la sostenibilidad energética rural)

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 26 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: biodigestores; pobreza energética; transferencia tecnológica; desarrollo rural; energía descentralizada

Introducción. La pobreza energética afecta de manera estructural a comunidades rurales en México (México Evalúa, 2021), especialmente en regiones áridas y de difícil acceso como Baja California Sur. Los sistemas biodigestores de bajo costo se proponen como una alternativa tecnológica descentralizada que puede aprovechar residuos pecuarios para generar energía limpia. La transferencia de esta tecnología enfrenta múltiples retos técnicos, sociales, culturales e institucionales que deben comprenderse a través de estudios de caso. Este trabajo presenta una sistematización de experiencias de transferencia tecnológica de biodigestores tubulares de bajo costo en comunidades rurales del municipio de La Paz, B.C.S., identificando factores que facilitaron o impidieron su adopción.

Materiales y Métodos. Se empleó una metodología cualitativa-descriptiva con enfoque de estudio de caso e investigación-participación. Se analizaron cuatro casos reales en comunidades rurales pecuarias aisladas, con alto grado de marginación y sin acceso a la red eléctrica. La información se obtuvo mediante entrevistas semiestructuradas, observación participante, visitas de seguimiento, e interacción continua con las familias. El análisis se estructuró con base en el modelo de adopción de innovaciones de Rogers (1983), utilizando una matriz metodológica de doble entrada (ver Tabla 1): fases de adopción (conocimiento, persuasión, decisión, implementación y confirmación) versus dimensiones de análisis consideradas por Zelaya-Benavides y Peredo-Mancilla (2023), (técnica, financiera, sociocultural e institucional).

Tabla 1. Matriz de fases de adopción y dimensiones de análisis de la adopción de sistemas biodigestores en comunidades rurales.

Fase de la adopción	Técnico	Financiero	Socioeconómico / Cultural	Institucional
1. Conocimiento			Nivel educativo del usuario (mayor escolaridad favorece adopción)	
2. Persuasión	Observabilidad y posibilidad de prueba de la tecnología (unidades demostrativas)		Explicaciones por parte de pares agricultores, lenguaje accesible	
3. Decisión	Número de cabezas de ganado (insumo disponible)	Acceso a créditos y subsidios; Costo de la tecnología	Nivel de ingresos del hogar; Percepción sobre el uso de residuos; Participación de mujeres en la decisión; Tamaño del hogar	Evaluación de viabilidad en la selección de usuarios
4. Implementación	Calidad de la construcción; Eficiencia del biodigestor	Tamaño del sistema (mayor tamaño implica mayores retos técnicos y económicos)	Apropiación del usuario; Demanda de trabajo y competencia con otras actividades	Ausencia o debilidad de criterios técnicos en la implementación
5. Confirmación	Capacitación técnica y entrenamiento; Servicios de mantenimiento y seguimiento		Percepción sobre la utilidad, apropiación y continuidad en el uso	Capacidad institucional para brindar soporte técnico y continuidad

Resultados. En la Figura 1 se muestra un diagrama de los sistemas de generación de biogás propuestos. Dos de los cuatro casos rechazaron

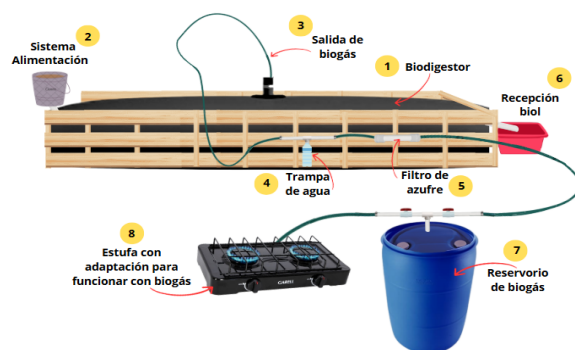
la instalación del biodigestor; en los otros dos, la tecnología fue aceptada con diferentes niveles de apropiación.

La aceptación estuvo relacionada con:

- Una necesidad energética claramente identificada.
- La presencia de condiciones técnicas mínimas (espacio, estiércol, cercanía a la cocina).
- Confianza institucional y acompañamiento técnico.

El rechazo se asoció a:

- Ausencia de participación en la toma de decisiones.
- Percepción negativa sobre el manejo de estiércol.
- Falta de alineación con las prioridades de las usuarias.



Elaborado por Sugey Guadalupe Velez Méndez

Figura 1. Diagrama esquemático del sistema tipo de producción y aprovechamiento de biogás instalado en las dos comunidades adoptantes.

Conclusiones. La adopción de tecnologías como los biodigestores no depende únicamente de su viabilidad técnica, sino de factores sociales, culturales, de género e institucionales. La participación de las personas usuarias desde la etapa de decisión es determinante para la apropiación de la tecnología. La transferencia tecnológica en zonas rurales requiere acompañamiento técnico, diseño contextualizado y metodologías participativas. La propuesta metodológica basada en el modelo de Rogers y la matriz adaptada puede ser útil para otros proyectos de energías renovables rurales.

Bibliografía.

México Evalúa (2021). Vivir a oscuras: La pobreza energética en México.

<https://www.mexicoevalua.org/vivir-a-oscuras-la-pobreza-energetica-en-mexico/>

Rogers, E. M. (1983). Diffusion of Innovations (5th ed.). Free Press.

Zelaya-Benavides, E., & Peredo-Mancilla, D. (2023). Factores que influyen en la adopción de biodigestores de pequeña escala en zonas rurales: una revisión. 7, 20–27. <http://revistaredbiolac.org/index.php/revistaredbiolac/article/view/71/42>

Eliminación de amoxicilina en aguas residuales domésticas mediante un reactor biológico de lecho fijo y detección de bacterias resistentes

María del Rocío Duarte-Martínez ¹, Aldo Amaro-Reyes ¹, Juan Campos-Guillen ¹, Vanessa Vallejo-Becerra ², Héctor Paul Reyes-Pool ² y José Alberto Rodríguez-Morales ^{2,*}

¹ Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, México.

² Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, México.

* Autor de correspondencia: jose.alberto.rodriguez@uaq.mx

Contaminación de agua, suelo y aire. (Tratamientos biológicos)

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 22 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: amoxicilina; reactor biológico; tratamiento de aguas residuales; bacterias resistentes

Introducción. La amoxicilina (AMX) es uno de los antibióticos más consumidos globalmente, excretándose hasta en un 80% sin metabolizar (Anastopoulos *et al.*, 2020), lo que favorece su presencia en aguas residuales. Debido a su detección en plantas de tratamiento de aguas residuales, aguas superficiales y efluentes hospitalarios, la Unión Europea la clasificó como contaminante emergente en 2015 (Georgin *et al.*, 2023). Su impacto ambiental es multifactorial ya que promueve genes de resistencia y bacterias resistentes a antibióticos (Anh *et al.*, 2021), puede biomagnificarse (Aryee *et al.*, 2022) y presenta toxicidad para organismos como *Oryzias latipes* y *Synechococcus leopoliensis* (Palacio *et al.*, 2021). Este estudio evaluó la degradación de AMX en aguas residuales domésticas mediante un reactor biológico de lecho fijo, además de determinar la presencia de bacterias resistentes a dicho antibiótico.

Materiales y Métodos. Se utilizó un reactor de vidrio con 4 difusores y como lecho fijo botellas PET, se inóculo 10 L de lodos activados y se alimentó con agua residual doméstica por 120 días. Tras la estabilización del reactor se agregó 15 L de agua residual doméstica y una adición estándar de 1 mg/L de AMX. Finalmente, se determinó la concentración de AMX en el influente y efluente utilizando espectroscopía ultravioleta visible, espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier y cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC). Para detectar bacterias resistentes a AMX, se usó agar Mueller-Hinton + AMX (10 µL), inoculando lodos y agua residual. Las colonias aisladas se analizaron por el método Kirby-Bauer utilizando otros antibióticos.

Resultados. En la Figura 1 se presenta el espectro infrarrojo de la AMX, en el cual puede observarse bandas características que coinciden con el estándar de AMX, lo que confirma su presencia en el agua residual doméstica. Así mismo la cuantificación mediante HPLC detectó una concentración inicial de 1.02 mg/L de AMX, indicando la presencia de 0.02 mg/L en el agua residual. Finalmente se logró una eficiencia de eliminación del 10 % tras el tratamiento biológico. En la Tabla 1 se observa un crecimiento significativo de bacterias resistentes a AMX en lodos y agua residual evidenciando la selección de cepas resistentes incluso a concentraciones bajas del antibiótico. Adicionalmente, las pruebas de resistencia a otros antibióticos se muestran en la Tabla 2, demostrando que varias cepas aisladas presentaron multiresistencia, lo que sugiere un alto potencial de transferencia horizontal de genes.

Tabla 1. Crecimiento bacteriano en lodos activados y agua residual a diferentes diluciones.

Muestra	Dilución	UFC/mL
Lodos	10 ⁻¹	8500
Agua residual	10 ⁻¹	700

Tabla 2. Patrón de susceptibilidad antibiótica de cepas Ax, B1a, B1b y B1c

Antibiótico	Cepa Ax	Cepa B1a	Cepa B1b	Cepa B1c
Ampicilina	R	R	R	R
Cefalotina	R	R	R	R
Cefotaxima	S (25)	R	S (10)	S (27)
Ciprofloxacino	S (21)	S (13)	S (10)	S (20)
Clindamicina	S (12)	R	R	S (10)
Dicloxacilina	R	R	R	R
Eritromicina	S (7)	R	R	S (16)
Gentamicina	S (14)	S (22)	S (20)	S (17)
Penicilina	R	R	R	R
Tetraciclina	S (26)	S (21)	S (22)	S (25)
Sulfametoxazol	S (24)	R	S (12)	S (20)
Vancomicina	S (9)	R	S (10)	S (10)

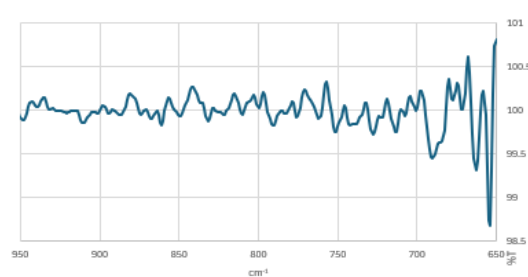


Figura 1. Espectro FTIR de agua residual doméstica

Conclusiones. El reactor de lecho fijo mostró una baja eficiencia en la remoción de AMX evidenciando la persistencia de este antibiótico en sistemas de tratamiento convencionales. Esto demuestra la necesidad de implementar procesos complementarios para mejorar su eliminación en aguas residuales. La presencia de cepas multiresistentes favorece la diseminación de genes de resistencia a antibióticos en el ambiente, lo cual tiene consecuencias críticas para la salud.

Bibliografía.

- Anastopoulos, I., Pashalidis, I., Orfanos, A. G., Manariotis, I. D., Tatarchuk, T., Sellaoui, L., Bonilla-Petriciolet, A., Mittal, A., & Núñez-Delgado, A. (2020). Removal of caffeine, nicotine and amoxicillin from (waste)waters by various adsorbents. A review. *Journal of Environmental Management*, 261, 110236. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110236>.
- Anh, H. Q., Le, T. P. Q., Da Le, N., Lu, X. X., Duong, T. T., Garnier, J., Rochelle-Newall, E., Zhang, S., Oh, N.-H., Oeurng, C., ... & Nguyen, T. A. H. (2021). Antibiotics in surface water of East and Southeast Asian countries: A focused review on contamination status, pollution sources, potential risks, and future perspectives. *Science of The Total Environment*, 764, 142865. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142865>.
- Aryee, A. A., Han, R., & Qu, L. (2022). Occurrence, detection and removal of amoxicillin in wastewater: A review. *Journal of Cleaner Production*, 368, 133140. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133140>.
- Georgin, J., Franco, D. S. P., Meili, L., Dehmani, Y., Dos Reis, G. S., & Lima, E. C. (2023). Main advances and future prospects in the remediation of the antibiotic amoxicillin with a focus on adsorption technology: A critical review. *Journal of Water Process Engineering*, 56, 104407. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104407>.
- Sodhi, K. K., Kumar, M., & Singh, D. K. (2021). Insight into the amoxicillin resistance, ecotoxicity, and remediation strategies. *Journal of Water Process Engineering*, 39, 101858. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101858>.

Control de altura variable en torre eólica según velocidad del viento para aumento de generación eléctrica

Marco Antonio Islas-Herrera ^{1,*}, Daniel Hernández-Rivera ², Jorge Miguel Jaimes-Ponce ¹, Iván López-Ramírez ¹ y Diego Josué Martínez-Méndez ²

¹ Departamento de Electrónica, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, Ciudad de México, México

² División de Ingeniería en Energías Renovables, Tecnológico Nacional de México/TES Chicoloapan, Chicoloapan, México, México

* Autor de correspondencia: maih@azc.uam.mx

Energías Renovables. (Energía eólica)

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 22 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Control; Optimización energética; Altura variable; Aerogenerador

Introducción. La energía eólica se ha consolidado como una de las fuentes renovables más prometedoras para la generación eléctrica sostenible (Ogata, 2010). No obstante, su eficiencia depende en gran medida de las condiciones del viento, las cuales varían con la altitud (Liu *et al.*, 2023; Fazylova *et al.*, 2024). En los aerogeneradores convencionales, la torre tiene una altura fija, lo que limita su capacidad para adaptarse a cambios en la velocidad del viento en capas superiores de la atmósfera (Pamososuryo *et al.*, 2023). Este proyecto propone el control dinámico de la altura de la torre eólica mediante un sistema de control, regulado con base en la velocidad del viento captada por anemómetros (Feng *et al.*, 2022). La finalidad es ajustar la altura del rotor para ubicarlo en la zona con mayor energía disponible, mejorando así la eficiencia de generación eléctrica (Fazylova *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2023). Esta propuesta combina elementos de control automático y energías renovables (Ogata, 2010), con potencial aplicación en sistemas eólicos de pequeña y mediana escala.

Materiales y Métodos. El sistema propuesto está compuesto por una estructura telescópica a escala 1:100, un motor con caja reductora para el ajuste de altura, y un microcontrolador para la implementación del control. Se utilizan sensores tipo anemómetro de cazoletas para medir la velocidad del viento en tiempo real. En la Figura 1 se observa la caracterización de los anemómetros; esta información es procesada por el sistema de control para determinar la altura óptima del rotor. El algoritmo de control fue programado sobre la plataforma Arduino IDE, ajustando las constantes proporcional, integral y derivativa mediante pruebas empíricas para obtener una respuesta estable y eficiente. Además, se integró un sensor de distancia infrarrojo comercial GP2Y0A21YK0F para monitorear la posición vertical de la torre, asegurando precisión en el sistema de retroalimentación.



Figura 1. Caracterización de sensores tipo anemómetros de cazoletas en el túnel de viento a distintas velocidades controladas

Resultados. En la Figura 2 se observa que la lectura de los anemómetros fue validada con una interfaz en LabVIEW, mostrando respuesta coherente en diferentes condiciones simuladas, de igual forma ocurre lo mismo con el segundo anemómetro. En la Figura 3 se observa que es posible comparar la velocidad del viento para así cambiar la posición de la torre, en estas pruebas oscila entre 110 cm a 80 cm.

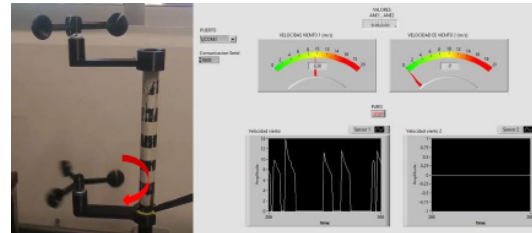


Figura 2. Pruebas de funcionamiento de anemómetro de posición altura mínima del aerogenerador.

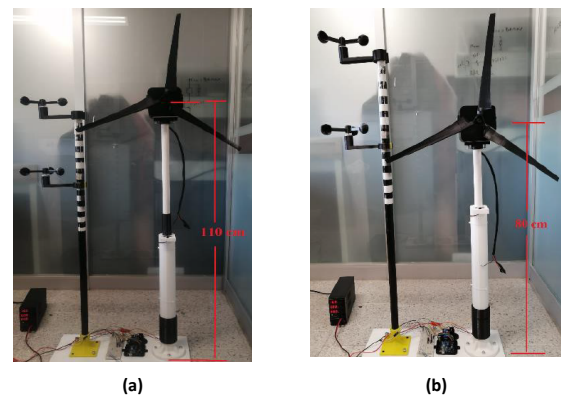


Figura 3. Control de altura de la torre: (a) Posición de altura máxima y (b) Posición de altura mínima.

Conclusiones. El prototipo desarrollado demuestra la viabilidad de ajustar dinámicamente la altura de una torre eólica en función de la velocidad del viento, lo que puede mejorar el aprovechamiento del recurso eólico disponible. Esta propuesta es especialmente útil para aplicaciones de minieólica o sistemas híbridos. En esta primera etapa se logró controlar la altura de manera efectiva; en trabajos futuros se integrará la medición directa de generación eléctrica para evaluar el impacto energético real del sistema. Además de conectarlo con LabVIEW y crear una interfaz hombre máquina para el monitoreo de forma visual y en tiempo real.

Bibliografía.

- Fazylova, A., Iliev, T., Stoyanov, I., & Siemens, E. (2024). Height Control System for Wind Turbines Based on Critical Wind Speed Calculation. *Applied Sciences*, 14(21), 9802. <https://doi.org/10.3390/app14219802>
- Feng, Z., Gallo, A. J., Liu, Y., Pamososuryo, A. K., & Ferrari, R. M. G. (2022). An economic model predictive control approach for load mitigation on multiple tower locations of wind turbines. <https://doi.org/10.1109/CDC51059.2022.9992553>
- Liu, B., Ma, X., Guo, J., Li, H., Jin, S., Ma, Y., and Gong, W. (2023). Estimating hub-height wind speed based on a machine learning algorithm: implications for wind energy assessment. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 23, 3181–3202. <http://dx.doi.org/10.5194/acp-23-3181-2023>
- Ogata, K. (2010). *Modern control engineering* (5th ed.). Pearson.
- Pamososuryo, A. K., Mulders, S. P., Ferrari, R., & van Wingerden, J.-W. (2023). On the analysis and synthesis of wind turbine side-side tower load control via demodulation. <https://doi.org/10.1109/TCST.2024.3377508>

Evaluación de la Huella de Carbono en la Producción de Lípidos Microalgales y la Cogeneración de Potencia a partir de Biogás

Abraham de la Cruz-Rodríguez ¹, Moisés A. Petriz-Prieto ¹, Micael G. Bravo-Sánchez ², María de los Ángeles Olán-Acosta ³, Juan Barajas-Fernández ³ y Esveidi M. Valdovinos-García ^{1,*}

¹ División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez (DAMJM), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Carret. Estatal Libre Villahermosa-Comalcalco km. 27+000 s/n Ranchería Ribera Alta, Jalpa de Méndez, Tabasco, C.P. 86205, México

² Departamento de Ingeniería Bioquímica, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Apartado Postal 57, Celaya 38010, Guanajuato, México

³ División Académica de Ingeniería y Arquitectura (DAIA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Carret. Cunduacán-Jalpa de Méndez km.1 Col. La esmeralda, Cunduacán C.P. 86690, Tabasco, México

* Autor de correspondencia: esveidi.valdovinos@ujat.mx

Energías Renovables (Cogeneración y aprovechamiento de biogás)

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 22 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Microalgas; lípidos; captura de CO₂; huella de carbono; simulación de procesos

Introducción. El cambio climático representa una amenaza global la cual está asociada al aumento de la concentración de gases de efecto invernadero, entre ellos el CO₂. Las microalgas son una alternativa prometedora para capturar CO₂, además, su biomasa puede aprovecharse para producir biodiésel a partir de los lípidos contenidos en su interior u otros energéticos, reduciendo el uso de combustibles fósiles. Sin embargo, el elevado consumo energético del proceso de cultivo y extracción limita su implementación (Valdovinos-García *et al.*, 2022). Existen alternativas para atender esta problemática, entre ellas es utilizar la biomasa residual, la que se tiene posterior a la extracción de lípidos, y mediante procesos como digestión anaerobia se puede producir biogás que sería útil como biocombustible para producir energía e integrarla al mismo proceso. Este trabajo evalúa las emisiones netas totales (emisiones de CO₂ menos CO₂ capturado en el cultivo) del proceso de producción de lípidos, integrando la cogeneración de energía mediante digestión anaerobia de la biomasa residual.

Materiales y Métodos. El proceso analizado en este estudio fue tomado de lo publicado por (Valdovinos-García *et al.*, 2022). El proceso incluye la etapa de cultivo de la biomasa, cosecha primaria y secundaria, pretratamiento de la biomasa antes de la extracción y la extracción con solventes de los lípidos. En este proceso se genera una biomasa residual después de la extracción de los lípidos, Figura 1; esta biomasa rica en carbohidratos y proteínas, se pasa a un biodigestor anaerobio para generar biogás (CO₂ y CH₄), (Xiao *et al.*, 2019). Con el biogás obtenido se produce potencia útil para consumir en el mismo proceso. En la turbina de gas y generador se consideró un 300% en exceso de O₂ y se establecieron como parámetros de diseño: 20:1 como proporción de presión, eficiencia isentrópica de 88% para el compresor de aire, un 90% de eficiencia isentrópica en la turbina y un 95% de eficiencia en el generador de potencia.

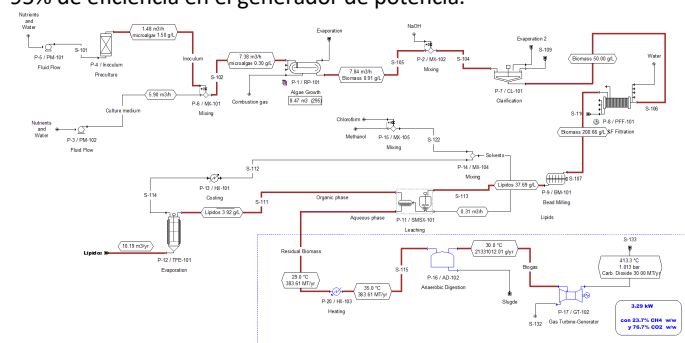


Figura 1. Flowsheet desarrollado en SuperPro Designer v10 para el proceso de producción de lípidos integrando la producción de energía

La evaluación de las emisiones, ecuación 1, se realizó mediante la huella de carbono (HC), considerando solamente las emisiones de CO₂

generadas debido al consumo de energía del proceso, más el CO₂ generado en la etapa de cogeneración.

$$\text{Emisiones de CO}_2 = A * FE * \left(1 - \frac{ER}{100}\right) + CO_{2(\text{biogas})} \quad (1)$$

El cálculo de la HC fue mediante la aplicación de factores de emisión documentados (Fe = 111,408.76 kg CO₂/TJ, (INECC, 2014)), multiplicándolo por la tasa de actividad (A) del proceso (consumo de energía, kWh/año). Para este estudio, ER es 0 ya que no existen controles de emisiones. Para cálculo de las emisiones totales netas se utilizó la ecuación 2, siendo estas las emisiones de CO₂ generadas en el proceso menos el CO₂ capturado por las microalgas en la etapa de cultivo.

$$\text{Emisiones totales netas} = \text{emisiones de CO}_2 - \text{CO}_2 \text{ Capturado} \quad (2)$$

Resultados. Los resultados (Tabla 1) muestran que, aunque al integrar la cogeneración de potencia al proceso para lo cual se generó biogás (CO₂ + CH₄), el proceso aún tiene emisiones netas totales negativas (-4.07), es decir aún se captura más emisiones que las que se generan en el proceso.

Tabla 1. Resultados de la evaluación de la huella de carbono.

Escenario	Tasa de actividad (kWh/año)	Emisiones (ton CO ₂ /año)	Captura de emisiones (ton CO ₂ /año)	Emisiones (kg CO ₂ /kg oil/año)	Captura de emisiones (kg CO ₂ /kg oil/año)	Emisiones Totales Netas
Sin cogeneración	88,672	34.75	102.13	3.82	11.22	-7.40
Con cogeneración	87,421	35.05				
Biogás + cogeneración	-	29.99	102.13	7.15	11.22	-4.07

Conclusiones. Al incluir la cogeneración de potencia al proceso, el consumo de energía total aumenta y por consecuencia las emisiones de CO₂ también lo hacen. Sin embargo, el proceso de cogeneración también incluye las emisiones de CO₂ por la producción de biogás, lo que suma al incremento de las emisiones totales de CO₂. Aun y con este incremento considerable de emisiones (a casi el doble), las emisiones netas aún se mantienen negativas en el proceso, por lo que podemos concluir que el proceso captura más CO₂ que el que se genera en el proceso. Este análisis permite detectar áreas de oportunidad en el desarrollo de procesos para el aprovechamiento de la biomasa microalgal.

Bibliografía.

- INECC, I. N. de E. y C. C. (2014). Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles que se consumen en México. *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*, 52(5000), 1–62.
- Valdovinos-García, E. M., Bravo-Sánchez, M. G., Olán-Acosta, M. D., Barajas-Fernández, J., Guzmán-López, A., & Petriz-Prieto, M. A. (2022). Technoeconomic Evaluation of Microalgae Oil Production: Effect of Cell Disruption Method. In *Fermentation* (Vol. 8, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/fermentation8070301>
- Xiao, C., Liao, Q., Fu, Q., Huang, Y., Xia, A., Shen, W., Chen, H., & Zhu, X. (2019). Exergy analyses of biogas production from microalgae biomass via anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 289(May), 121709. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121709>

Analisis de sistemas de combustion indirecta extendida acoplado a turbinas de aire humedo

Joana Patricia Sánchez-Flores, Esveidi Montserrat Valdovinos García y Moisés Abraham Petriz Prieto *

División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez (DAMJM), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UAT), Carret. Estatal Libre Villahermosa-Comalcalco km. 27+000 s/n Ranchería Ribera Alta, Jalpa de Méndez, Tabasco, C.P. 86205, México

* Autor de correspondencia: jgmapp@gmail.com

Desarrollo Sustentable (Optimización de procesos energéticos)

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 22 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: exCLC; HAT cycle; combined cycle; power cycle

Introducción. El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera es una de las principales causas del cambio climático, con impactos significativos en los ecosistemas, la salud humana y la estabilidad climática global (IPCC, 2023). Este fenómeno está estrechamente relacionado con el uso intensivo de combustibles fósiles, como carbón, petróleo y gas natural, para satisfacer las crecientes demandas de energía (IEA, 2024). Particularmente, las centrales termoeléctricas, que generan electricidad a partir de la combustión de estos recursos, son responsables de una proporción significativa de las emisiones antropogénicas de CO_2 . En este contexto, la tecnología de combustión indirecta en ciclos (CLC) surge como una solución prometedora, ya que permite reducir sustancialmente estas emisiones al capturar el CO_2 de manera inherente durante el proceso de combustión (Adánez *et al.*, 2018). En la tecnología CLC se emplea un acarreador sólido de oxígeno para realizar la oxidación del combustible sin contacto directo con el aire. Este sistema consta de dos reactores principales: el reactor de reducción (fuel reactor) y el reactor de oxidación (air reactor). En el reactor de reducción, el combustible reacciona con el oxígeno proporcionado por el acarreador sólido, generando como productos dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O) (Abad *et al.*, 2012). Posteriormente, el acarreador de oxígeno es enviado al reactor de oxidación, donde se regenera al reaccionar con el oxígeno del aire, cerrando el ciclo. La principal ventaja de este diseño es que los productos de la combustión en el reactor de reducción son separados del nitrógeno del aire, lo que facilita la captura directa del CO_2 tras la condensación del vapor de agua. Por otro lado, la versión extendida del CLC (exCLC), utiliza los mismos principios del sistema de combustión en bucles, pero agrega un acarreador de carbono (CaO), un tercer reactor (calcinador), donde se produce el CO_2 que se captura en forma de CaCO_3 en el reactor de reducción. De igual manera, es posible producir H_2 , en este mismo reactor, si se emplean las cantidades estequiométricas adecuadas.

Materiales y Métodos. El análisis de los sistemas exCLC se realizó mediante simulación empleando el software ASPEN PLUS V10. Se consideró gas natural dulce como combustible empleado para los sistemas a simular y se usó el poder calorífico inferior del combustible (LHV) como parámetro para determinar el rendimiento energético de los sistemas analizados. Para el sistema exCLC, se consideró Níquel como acarreador de oxígeno y el hidrógeno producido en el sistema se envió a un combustor para recuperar su energía como combustible. Se analizaron 9 casos estudio tanto para el sistema CLC como para el sistema de un ciclo combinado con gas natural (NGCC), estos casos provienen de la combinación de 3 niveles de temperatura para el sistema de reacción (1050, 1200 y 1350°C) y 3 niveles de presión (10, 20 y 30 bar). Se empleó Peng-Robinson como modelo termodinámico y se usaron los valores predeterminados del simulador para los casos de estudio.

Resultados. Los resultados del análisis de los casos de estudio se presentan en la Tabla 1. De acuerdo a esta última, se pudo notar que

el sistema exCLC presentan mejores rendimientos en casi todas las condiciones estudiadas, donde el mejor rendimiento se obtiene a 1350°C y 20 bar. Por otro lado, hay que tomar en cuenta que el sistema exCLC está acoplado a un sistema de turbina de aire húmedo (HAT) el cual presenta en general mejor rendimiento que el sistema tradicional de ciclo Rankine empleado en el NGCC.

Tabla 1. Descripción de los rendimientos obtenidos a las diferentes condiciones de operación analizadas.

Presión (bar)	Temperatura (°C)	exCLC (%LHV)	NGCC (%LHV)
10	1050	51.17	44.05
10	1200	52.00	46.89
10	1350	46.26	47.69
20	1050	48.26	41.77
20	1200	53.14	47.20
20	1350	54.50	50.38
30	1050	46.22	36.02
30	1200	51.33	45.40
30	1350	53.99	50.07

Conclusiones. Los sistemas de captura de CO_2 basado en la combustión indirecta extendida, pueden ser una opción para reducir las emisiones de este gas de efecto invernadero a la atmósfera debido a su generación en la producción de energía eléctrica. Esta tecnología no solo reduce las emisiones de CO_2 hacia la atmósfera, si no que al mismo tiempo es capaz de incrementar un 3.6% la energía que se puede extraer del combustible. Adicionalmente el CO_2 capturado puede emplearse como un subproducto de valor o incluso enterrarse de nueva cuenta en el subsuelo en yacimientos petrolíferos como parte de las tecnologías de recuperación mejorada de petróleo (EOR).

Bibliografía.

- Abad, A., Adánez-Rubio, I., Gayán, P., García-Labiano, F., de Diego, L. F., & Adánez, J. (2012). Demonstration of chemical-looping with oxygen uncoupling (CLOU) process in a 1.5kWth continuously operating unit using a Cu-based oxygen-carrier. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 6, 189–200. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2011.10.016>
- Adánez, J., Abad, A., Mendiara, T., Gayán, P., de Diego, L. F., & García-Labiano, F. (2018). Chemical looping combustion of solid fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 65, 6–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.peccs.2017.07.005>
- Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). <https://doi.org/10.1017/9781009157926>
- IEA. (2024). *CO2 Emissions in 2023*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>

Determinación del beneficio de sustentabilidad en la red de producción de acrilonitrilo

Isaac Giovanni Meza Martínez ¹, Sergio Frausto Hernández ^{2,*} y Carlos Eduardo López Landeros ³

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, TecNM – Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, Ags., México

² Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, TecNM – Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, Ags., México

³ Departamento de Ciencias Básicas, TecNM – Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, Ags., México

* Autor de correspondencia: sergio.fh@aguascalientes.tecnm.mx; +52 449 9501002

Área de participación Simulación y optimización de problemas ambientales

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 21 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: beneficio de sustentabilidad; cadena de suministros; acrilonitrilo

Introducción. La sustentabilidad de los procesos químicos ha adquirido gran relevancia hoy en día; ya que las industrias buscan minimizar el impacto ambiental y maximizar la eficiencia energética y el uso de recursos (Galatro *et al.*, 2024). Por otro lado, el Acrilonitrilo (ACN) es uno de los 25 principales productos químicos que se utilizan para la fabricación de fibras acrílicas, fibras de carbono, plásticos, caucho, entre otros. Por lo que la creciente demanda del ACN ha motivado a desarrollar un proceso económico y sustentable para su producción (Zhang *et al.*, 2024).

Materiales y Métodos. El Beneficio de Sustentabilidad (SP por sus siglas en inglés) es una medida compuesta de la eficiencia económica, ambiental y social expresada en términos monetarios y definida como la suma de los beneficios económico $\Delta P^{Economic}$; ambiental, ΔP^{Eco} ; y social, ΔP^{Social} (Zore *et al.*, 2017), tal y como se presenta en la Ecuación 1 de la Tabla 1. El beneficio económico se puede determinar mediante la Ecuación 2 donde los ingresos están dados por el precio de venta de los productos (c_n^{price}) multiplicado por su flujo masico (q_n) menos la suma de los costos de materias primas (c_m^{cost}), de producción y de operación (Potrč *et al.*, 2020). El costo de instalación puede ser determinado como en la Ecuación 3 donde (Q), representa la capacidad de producción del proceso; α es el costo variable por unidad de producción (\$/ton); y β es el costo fijo asociado al proceso. El costo de operación se determina mediante la Ecuación 4 donde (Q) es la capacidad de producción y δ es el costo variable por unidad de producto principal (\$/ton). El beneficio ambiental que se muestra en la Ecuación 5 es calculado como una diferencia entre una ganancia ambiental (ecb_n^{ben}) y un eco-costo ambiental (ecc_m^{cost}) multiplicados por sus flujos masicos (q_n, q_m). La ganancia estaría relacionada con los incentivos o bonificaciones por utilizar materia prima menos contaminante al medio ambiente o simplemente con una disminución de la ya establecida (*Eco-Costs Concept and Structure - Sustainability Impact Metrics*, 2023). Por último, en el beneficio social se considerarán los empleos generados (N^{obs}) multiplicados por un salario S ; para lo cual, se considera una planta de procesamiento continuo de fluidos, por lo que se utilizan 3 horas-hombre/tonelada de producto, con un salario mensual de 15,875 pesos (Peters *et al.*, 1991).

Tabla 1. Ecuaciones del modelo matemático.

$$\Delta SP = \Delta P^{Economic} + \Delta P^{Eco} + \Delta P^{Social} \quad (1)$$

$$\left(\sum_n q_n * c_n^{price} - \sum_m q_m * c_m^{cost} - c^f - c^{OP} \right) \quad (2)$$

$$c^f = \alpha Q + \beta \quad (3)$$

$$c^{OP} = \delta Q \quad (4)$$

$$\left(\sum_n q_n * ecb_n^{ben} - \sum_m q_m * ecc_m^{cost} \right) \quad (5)$$

Resultados Como un ejemplo ilustrativo, se determinará el beneficio de sustentabilidad de una red de producción de ACN por tres rutas de proceso diferente (ver Figura 1). Para una producción de 250

Kilotoneladas de ACN/año, los costos de materia prima y de producto son proporcionados también en la Figura 1. En la Tabla 2 se presentan los beneficios de sustentabilidad obtenidos para cada una de las rutas de procesamiento.

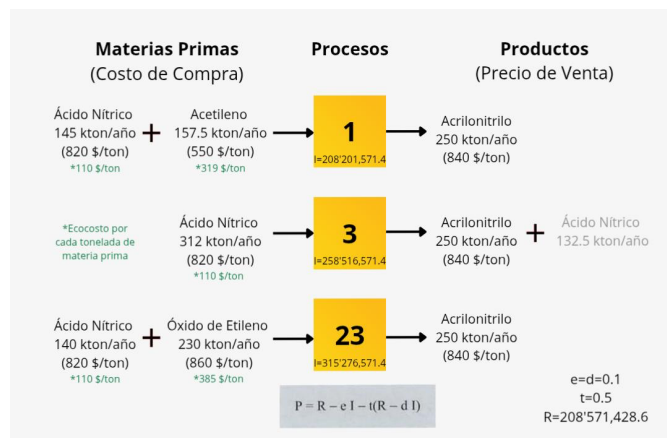


Figura 1. Procesos de producción del ACN.

Tabla 2. Cálculo de cada uno de los beneficios en los distintos procesos.

	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
PEconomic	93'875,635.71	91'359,885.71	88'521,885.71
PEco	-66'192,500	-34'320,000	-103'950,000
PSocial		87'978,786.52	
Beneficio de la Sustentabilidad	115'661,922.23	145'018,672.23	72'550,672.23

De la Tabla 2, se puede observar que la Ruta 2 es la que exhibe el beneficio de sustentabilidad más alto, mientras que la Ruta 3 exhibe el más bajo. De igual manera, el proceso de producción del ACN de la Ruta 2 es el más conveniente porque genera menos contaminantes a la atmósfera.

Conclusiones. En este trabajo se ha determinado el beneficio de sustentabilidad en un simple ejemplo de diferentes rutas y procesos de producción del ACN, para tomar la mejor decisión. Lo que motiva a su incorporación en el modelo de planeación estratégica y optimización de su cadena de suministro.

Bibliografía.

- Eco-costs concept and structure - Sustainability Impact Metrics.* (2023). Retrieved June 4, 2025, from <https://www.ecocostsvalue.com/ecocosts/eco-costs-concept/>
- Galatro, D., Chin, Y.-H., & Saville, B. (2024). STRATEGIES FOR CHEMICAL PROCESS DESIGN: A SUSTAINABILITY-BASED APPROACH. 2024 ASEE St. Lawrence Section Annual Conference Proceedings. <https://doi.org/10.18260/1-2-660.1113-48560>
- Peters, M., Timmerhaus, K., Carberry, J. J., Walker, W. H., White, A. H., Jackson, D. D., James, J. H., Lewis, W. K., & Curtis H C Parmelee, H. A. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*.
- Potrč, S., Čuček, L., Martin, M., & Kravanja, Z. (2020). Synthesis of European Union Biorefinery Supply Networks Considering Sustainability Objectives. *Processes*, 8(12), 1588. <https://doi.org/10.3390/pr8121588>
- Zore, Ž., Čuček, L., & Kravanja, Z. (2017). Syntheses of sustainable supply networks with a new composite criterion – Sustainability profit. *Computers and Chemical Engineering*, 102, 139–155. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.12.003>

Inmovilización de células *Saccharomyces bayanus* en soportes geopoliméricos a base de metacaolín y nano sílice

Daniela J. Cruz-Avilés ¹, Pedro E. Lázaro-Mixteco ¹, Agustín J. Castro-Montoya ¹, Ana A. Vargas-Tah ² y Maritza A. Montañez-Cervantes ¹

¹ División de Estudios de Posgrado de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México

² Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México

* Autor de correspondencia: 1208797h@umich.mx

Energías Renovables (Biocombustibles)

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 12 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: inmovilización celular; bioetanol; fermentación; soportes; geopolímeros

Introducción. La búsqueda de soportes eficientes y estables para la inmovilización celular en procesos biotecnológicos ha cobrado gran relevancia en el desarrollo de bioprocesos. Los geopolímeros son materiales sintetizados a partir de aluminosilicatos activados por un agente alcalino (Tchadjé y Ekolu, 2017; Ican *et al.*, 2024), estos representan una alternativa como soportes debido a su alta estabilidad térmica, estructura porosa ajustable (Zuda *et al.*, 2010) y resistencia química (Lingyu *et al.*, 2021), además, han sido estudiados para aplicaciones como adsorción de contaminantes; sin embargo, no se ha explorado su aplicación biotecnológica como soportes para inmovilización celular de levaduras en la producción de bioetanol.

En todo bioproceso se necesita un microorganismo que convierta sustratos en productos. Un ejemplo típico son las levaduras, que funcionan como biocatalizadores para producir bioetanol a partir de azúcares fermentables, a menudo derivados de biomasa lignocelulósica. El proceso de inmovilización involucra el biocatalizador inmovilizado, enzimas o células que se fijan físicamente en una región definida para catalizar una reacción específica sin pérdida de actividad catalítica y con uso repetido (Rouf *et al.*, 2017). Los procesos de fermentación continua, basados en células microbianas inmovilizadas tienen el potencial de maximizar la productividad volumétrica y minimizar los costos de producción en la industria del bioetanol. (Milvanova *et al.*, 2011).

Materiales y Métodos. Los materiales utilizados para preparar el geopolímero fueron: metacaolín (51,55 % SiO₂, 1,61 % TiO₂, 44,78 % Al₂O₃, 0,48 % Fe₂O₃, 0,004 % MnO, 0,125 % MgO, 0,155 % K₂O), NaOH en perlas, sílice pirogénica y agua destilada.

La activación alcalina se realizó empleando hidróxido de sodio y sílice pirogénica, posteriormente se agregó el metacaolín. La mezcla obtenida fue vertida en moldes y curada a 60°C por 24h. Tras el curado, las muestras fueron sometidas a tratamiento térmico para sinterizar.

Se emplearon células de levadura *Saccharomyces bayanus* como microorganismo modelo. Las células fueron cultivadas e inmovilizadas en medio YPD a 30 °C y 70 rpm durante 24 h. La inmovilización se realizó por adsorción directa sobre la superficie del geopolímero.

Resultados. En la Figura 1 se muestra la estructura del soporte mediante SEM previo a la inmovilización celular.

Se evaluó la eficiencia de inmovilización mediante recuento celular en cámara Neubauer. En la Figura 2 se observa el conteo celular por mL de solución en materiales flotantes (MF) y materiales suspendidos (MS) posterior a la inmovilización. Como se observa en la figura 2 los materiales flotantes presentaron mayor conteo de células libres, y los materiales sedimentados presentaron menor conteo celular en los primeros lavados. Sin embargo, al realizar la elución de las células inmovilizadas, el material sedimentado presenta un mayor conteo celular respecto al material flotante, indicando que se logró la inmovilización en el material sedimentado.

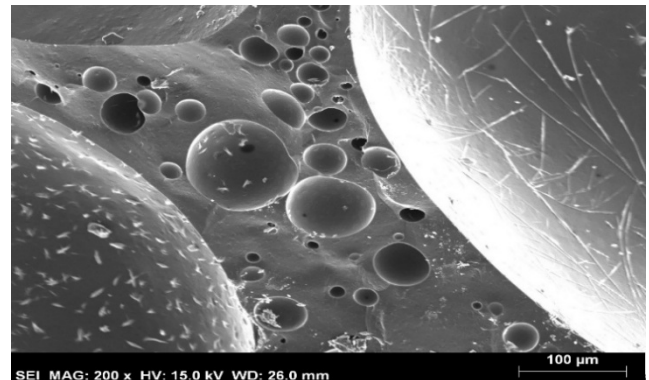


Figura 1. Micrografía por microscopía electrónica de barrido (SEM) del soporte geopolimérico. Aumento: 200x.

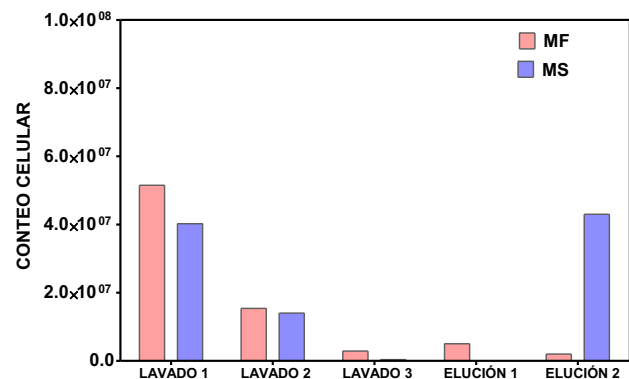


Figura 2. Conteo celular de las células inmovilizadas en cámara Neubauer.

Conclusiones. Los resultados muestran el potencial del material geopolimérico sinterizado como **soporte para inmovilización celular**, con aplicaciones prometedoras como procesos de fermentación alcohólica sostenibles.

Bibliografía.

- Ican, H., Demirbas, A., Ulugöl, H., and Sahmaran, M. (2024). Low-alkaline activated construction and demolition waste-based geopolymers. *Construction And Building Materials*, 411, 134546. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.134546>
- Lingyu, T., Dongpo, H., Jianing, Z. & Hongguang, W. (2021). Durability of geopolymers and geopolymer concretes: A review. *REVIEWS ON ADVANCED MATERIALS SCIENCE*, 60(1), 1-14. <https://doi.org/10.1515/rams-2021-0002>
- Milvanova, V., Petrova, P., & Hristov, J. (2011). Application in the ethanol fermentation of immobilized yeast cells in matrix of alginate/magnetic nanoparticles, on chitosan-magnetite microparticles and cellulose-coated magnetic nanoparticles. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1105.0619>
- Yoo, J. J., Seo, G., Chua, M. R., Park, T. G., Lu, Y., Rotermund, F., ... & Seo, J. (2021). Efficient perovskite solar cells via improved carrier management. *Nature*, 590 (7847), 587-593. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03285-w>
- Zuda, L., Drchalová, J., Rovnaník, P., Bayer, P., Keršner, Z., & Černý, R. (2010). Alkali-activated aluminosilicate composite with heat-resistant lightweight aggregates exposed to high temperatures: Mechanical and water transport properties. *Cement and Concrete Composites*, 32(2), 157-163. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.11.009>

Localización y caracterización de planta higuierilla en el sur del Estado de Aguascalientes

Valeria Adaly Carmona-García ¹, Raúl Arturo Ortiz-Medina ^{2,*}, Adrián Gómez-González ³, Víctor Arturo Maldonado-Ruelas ² y Ana Gabriela Gutierrez-Mata ¹

¹ Ingeniería en Energía, Universidad Politécnica de Aguascalientes, Aguascalientes, Ags., México

² Maestría en Ciencias en Ingeniería, Universidad Politécnica de Aguascalientes, Aguascalientes, Ags., México

³ Colegio de Postgraduados ColPos, Campus San Luis Potosí, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México

* Autor de correspondencia: raul.ortiz@upa.edu.mx

Desarrollo Sustentable (Agronomía Sustentable)

Recibido: 14 de junio de 2025

Aceptado: 21 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: higuierilla; semilla; aceite ricinoleico; colecta

Introducción. *Ricinus communis* L., conocida comúnmente como higuierilla, es una planta oleaginosa que ha sido atractiva para científicos y productores por su potencial en diversas aplicaciones, entre estas, la producción de biocombustibles como el biodiesel. México tiene una gran variedad de climas donde la higuierilla se ha adaptado, mostrando una notable adaptabilidad para las regiones semiáridas (García-Herrera *et al.*, 2019). En algunas regiones de México que tienen este clima, como es el caso del estado de Aguascalientes, existen poblaciones locales poco estudiadas o la mayoría sin estudiar, cuya caracterización es importante para generar sistemas de cultivos energéticos. El objetivo de este estudio fue recolectar y caracterizar semillas silvestres de *R. communis* (higuierilla) provenientes de tres zonas muy específicas al sur del estado de Aguascalientes, así como realizar una evaluación del contenido de aceite de las semillas silvestres para comprobar su contenido y utilidad para aplicaciones energéticas.

Materiales y Métodos. La colecta de la semilla localizada se llevó a cabo durante los meses enero y febrero del presente año (2025), para ello se realizó la extracción de semilla de tres zonas diferentes localizadas al sur del estado y municipio de Aguascalientes en el fraccionamiento de San Gerardo. Los frutos fueron organizados por zona y colocados en charolas diferentes como la que muestra en la Figura 1 para cada lugar de recolección. De esta forma, las semillas se indujeron a un proceso de dehiscencia, que consistió en la exposición al sol en las charolas por 4 días, así las cápsulas del fruto se abren botando la semilla por sí mismas o facilitando la extracción manual. Las semillas colectadas se clasifican de acuerdo a sus características físicas de tamaño, color y zona de colecta (Akpan *et al.*, 2022; Omotehinse *et al.*, 2024).



Figura 1. Frutos en las charolas para inducir la dehiscencia para extraer la semilla

El aceite de ricino, ricinoleico o de higuierilla se extrajo de forma mecánica por medio de una prensa hidráulica y un molde de extracción diseñado con este propósito. Se filtran los sólidos que pudiera contener el aceite extraído y se mide su volumen.

Resultados. Las semillas oleaginosas correspondientes a las 3 zonas donde se realizó la colecta muestran una variedad de tamaños que van de los 0.5 cm a los 0.9 de ancho y de los 0.8 cm a los 1.4 cm de alto, con distintas tonalidades de color café y café grisáceo. En la Figura 2 se muestran ejemplos de los diferentes tipos de semilla encontrados en las 3 zonas de colecta.



Figura 2. Tipos de semilla de la colecta de las 3 zonas

El contenido de aceite ricinoleico obtenido de las semillas de las tres zonas de colectas se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Contenido de aceite de la colecta de semillas

Sitio	Cantidad de semillas (g)	Aceite extraído (mL)	Densidad (gr/mL)
Zona 1	50	5.6	0.86
Zona 2	50	4.5	0.83
Zona 3	50	7.15	0.93

El contenido de aceite de las semillas de higuierilla tiene un color característico gris transparente y tomando en cuenta las tres zonas se obtuvo una densidad promedio de 0.87gr/mL. Las semillas con más contenido de aceite fue la zona 3 con el 14.3%, también el de mayor densidad, con el 0.93 gr/mL. Las zonas 1 y 2 tuvieron 11.2% y 9% de rendimiento respectivamente.

Conclusiones. Los resultados indicaron diferencias en el tamaño de las semillas y en su contenido de aceite, destacando la zona 3 con un contenido de aceite ligeramente superior a las otras dos zonas. La literatura reporta contenido de aceite del 30 al 40 % en higuierilla cultivada, lo cual da pie a seguir con la investigación de las características de esta colecta ahora como cultivo controlado, con énfasis en la semilla de la zona 3 y a seguir realizando colectas en la región para aumentar el alcance del estudio.

Bibliografía.

- Akpan, G. J., Udongwo, A. M., & Obodom, M. I. (2022). Extraction, characterization and applications of castor seed oil from wild *Ricinus communis*. *Journal of Chemical Society of Nigeria*, 47(4). <https://doi.org/10.46602/jcsn.v47i4.795>
- García-Herrera, E. J., Olivares-Ramírez, A., Amante-Orozco, A., Hernández-Ríos, I., Róssel-Kipping, E. D., Pimentel-López, J., Delgadillo-Ruiz, O., & Gómez-González, A. (2019). Evaluación de colectas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) del Altiplano Centro-Norte de México. *Agroproductividad*, 12(1), 25–31. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1334>
- Omotehinse, A. S., Monye, S. I., Omoyi, C. O., Adeleke, T. B., Afolalu, S. A., & Okokpujie, I. P. (2024). A comparative analysis of big and small seeded varieties of castor seed (*Ricinus communis*) and its oil. In *2024 International Conference on Science, Engineering and Business for Driving Sustainable Development Goals (SEB4SDG)* (pp. 1–9). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SEB4SDG60871.2024.10630256>

Papel de la producción de ácido oxálico en la interacción con cromo en la cepa Ed8 de *Aspergillus tubingensis*

J. Carlos Bautista-Bautista¹, C. Ernesto Barajas-Moreno¹, Itzel Morales-Vargas¹, Fernando Santos-Escobar¹, Pamela Romo-Rodríguez² y J. Félix Gutiérrez Corona^{1,*}

¹ Laboratorio de Genética y Bioquímica de Microorganismos, Departamento de Biología de la DCNE de la Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato, Guanajuato, Gto. México.

² Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

* Autor de correspondencia: xilefegu@gmail.com

Contaminación de agua, suelo y aire (Tratamientos Biológicos)

Recibido: 14 de junio de 2025

Aceptado: 22 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Reducción, cultivos, cepas, oxálico, sobrenadante

Introducción. En los hongos se ha descrito que los metabolitos secundarios citrato y oxalacetato son quelantes de Cr(III) y que pueden favorecer la reducción de Cr(VI) a Cr(III). En el grupo de trabajo se observó que la cepa Ed8 de *A. tubingensis* nativa de un sitio contaminado con Cr(VI) tiene la capacidad de reducir el Cr(VI) en el medio extracelular (Acevedo-Aguilar *et al.*, 2006). En cepas de *A. niger* se ha reportado que el gen *oah* participa en la síntesis de ácido oxálico (Ruijter *et al.*, 1999). En nuestro grupo de trabajo, se obtuvo y caracterizó la cepa IT4 derivada de la cepa Ed8 deletante en el gen *oah* (Morales-Vargas, 2015), la cual no producen ácido oxálico y posee una baja capacidad de reducción de Cr(VI) en cultivos, comparado con la cepa Ed8. Posteriormente, se obtuvo la cepa sobreexpresante del gen *oah* CEMB-7 derivada de la cepa Ed8 (Barajas-Moreno 2017). El objetivo de este proyecto fue: Evaluar la capacidad de reducción de Cr(VI) de los sobrenadantes de las cepas Ed8, IT4 y CEMB-7 obtenidos en diferentes condiciones de cultivo y evaluar el efecto de la presencia de Cr(III) en el crecimiento de las cepas.

Materiales y Métodos. Los sobrenadantes para evaluar la capacidad de reducción de Cr(VI) se obtuvieron en Medio Mínimo Lee (MML) y medio de Sacarosa en 25 ml de cultivo se inoculó 5X10⁵ conidias y se dejó en incubación por 48 horas, después de ese tiempo el cultivo se filtró para obtener el sobrenadante libre de biomasa, posteriormente al sobrenadante se agregó 50 mg/L de Cr(VI) y la determinación de Cr(VI) se realizó espectrofotométricamente empleando el procedimiento de difenil carbazida (Greenberg *et al.*, 1981).

Se verificó la viabilidad de las cepas en cajas de medio mínimo Lee con 25, 50 mg/L de Cr(III) o Cr(VI), inoculando alrededor de 100 conidias por placa. Después de incubar a 28°C por 48 horas se contaron las colonias que crecieron y se cuantificó la viabilidad por Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

Prueba de gota se preparó cajas de medio mínimo Lee con 12.5, 25 y 50 mg/L de Cr(III) solidificado con agarosa al 0.75%, se realizó diluciones seriadas para obtener las concentraciones de 1X10⁵, 1X10⁴, 1X10³, 1X10² conidias /mL, de estas diluciones de tomo un alícuota de 10 µL se colocó en la cajas. Las cajas de incubaron a 28°C por 48 horas y se registraron fotográficamente los resultados de crecimiento utilizando un estereoscopio.

La cuantificación del ácido oxálico producido en los cultivos en medio Lee con glucosa al 12 % se realizó con Oxalate kit de Enzytec.

Resultados. En la figura 1A se observa que el sobrenadante del cultivo obtenido en medio de sacarosa a pH 6.0 de la cepa sobreexpresante del gen *oah* CEMB-7 tiene mayor capacidad de reducción de Cr(VI), seguida de la cepa Ed8 y finalmente de la cepa deletante del gen *oah* IT4. Cuando el medio Lee se preparó con glucosa al 12% en lugar de sacarosa, se observó que los sobrenadantes de la cepa CEMB-7 tiene mayor capacidad de

reducción comparado con las cepas Ed8 y IT-4 (figura 1B). En medio Lee con 12% de glucosa las cepas Ed8 y CEMB-7 produjeron 3.84 y 9.7 mM de ácido oxálico, respectivamente; en la cepa IT4 la concentración de dicho ácido fue indetectable.

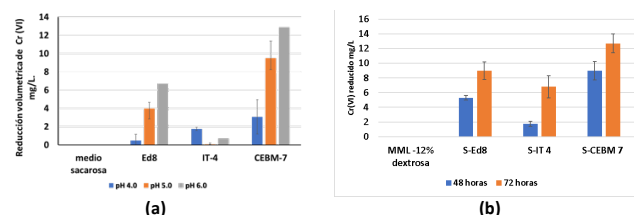


Figura1: Reducción de Cr(VI) en sobrenadantes de cultivos de las cepas Ed8, IT-4(Δoah) y CEMB-7 (sobreexpresante del gen *oah*) crecidos en medio de: a) sacarosa a diferentes pH y b) medio Lee 12% de dextrosa.

En la prueba de viabilidad frente a Cr(III), se observó que las tres cepas les afecta el crecimiento en presencia de Cr(III) y Cr(VI), efecto que fue más drástico en la cepa sobreexpresante CEMB-7. En la figura 2 se observa los resultados de la prueba de gota, donde se aprecia que en la cepa sobreexpresante se afecta el crecimiento cuando esta en presencia de Cr(III). Esto podría indicar que la mayor producción de ácido oxálico de la cepa sobreexpresante CEMB-7 puede causar una mayor incorporación de Cr(III) en la biomasa, con el consecuente efecto de toxicidad, lo cual deberá ser demostrado a futuro.

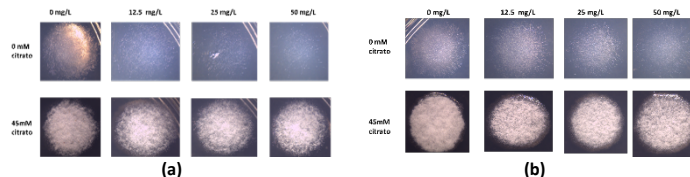


Figura 2: Prueba de gota en medio Lee con diferentes concentraciones de Cr(III): a) cepa CEMB-7, b) cepa Ed8.

Conclusiones. La mayor producción de ácido oxálico correlaciona con una mayor capacidad de reducción de Cr(VI), y con una mayor sensibilidad de Cr(III).

Bibliografía.

- Acevedo-Aguilar, F.J., Wrobel, K., Lofthus, K., Caruso, J.A., Coreño-Alonso, A., Gutiérrez-Corona, J.F., Wrobel, K. (2008). Analytical speciation of chromium in-vitro cultures of chromate-resistant filamentous fungi. *Anal. Bioanal. Chem.* 392, 269–276.
- Barajas Moreno C.E. (2017) Papel de la producción de ácido oxálico en la interacción con metales en la cepa Ed8 de *Aspergillus niger* var. *Tubingensis*. Tesis de Maestría. Departamento de Biología. Universidad de Guanajuato. México.
- Greenberg, A.D., Connors, J.J., Jenkins, D.Y. y Franson, M.A. (1981). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, 15, 187-190.
- Morales Vargas IT. (2015). Papel del gen *oah* en el metabolismo del citrato y en la interacción con cromo de la cepa Ed8 de *Aspergillus niger* var. *tubingensis*. Tesis de Maestría. Departamento de Biología. Universidad de Guanajuato. México
- Ruijter GJ, Van de Vondervoort PJ, Visser J. (1999). Oxalic acid production by *Aspergillus niger*: an oxalate-non-producing mutant produces citric acid at pH 5 and in the presence of manganese. *Microbiology* 145:2569–2576.

Modelo de un reactor catalítico de lecho fijo para producir H₂ a partir de Bioetanol

Iván Martínez Cervantes ¹, José Luis Contreras Larios ^{1,*}, Anabel Figueroa Aragón ¹, José Salmenes Blazquez ², Beatriz Zeifert ², Carlos Tapia medina ¹, Ricardo Luna Paz ¹, Naomi N. Hernández Gonzalez¹ y Israel Pala Rosas ¹

¹ Laboratorio del Area de Procesos de la Industria Química, Departamento de Energía, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Ciudad de México, México.

² ESIQIE- Instituto Politécnico Nacional., Ciudad de México, México.

* Autor de correspondencia: jlcl@azc.uam.mx; Tel.: (+5255591911047)

Bioinformática Aplicada a Energías Renovables (Modelamiento)

Recibido: 14 de junio de 2025

Aceptado: 22 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Hidrógeno; modelado, reactor de lecho fijo ; bioetanol

Introducción. El hidrógeno es un vector energético ideal, ya que puede transformarse en calor, energía mecánica o energía eléctrica (Barroso *et al.*, 2006). La tecnología limpia e innovadora del hidrógeno se obtiene a partir de fuentes renovables como el bioetanol en presencia de catalizadores metálicos (Contreras *et al.*, 2014). Actualmente hemos desarrollado un catalizador para el proceso de reformado de etanol con vapor de agua (ESR) basado en el catalizador Ni-Co-Ex Hidrotalcita-WOx que ha mostrado alta selectividad a H₂ utilizando una relación H₂O/etanol = 4, con baja selectividad a CO y que ha demostrado ser estable durante tiempos de más de 3 h a alta temperatura de 550 °C (Figueroa Aragón, 2014). Esta contribución ayuda a resolver la conversión de etanol y temperatura a lo largo del eje axial y radial de un reactor catalítico de lecho fijo.

Materiales y Métodos. La reacción de reformado de etanol con vapor es endotérmica, lo que la hace extremadamente exigente en términos de energía. El calentamiento se realizó externamente mediante un horno eléctrico, de modo que la reacción se lleva a cabo en un lecho fijo. Para determinar el modelo matemático del perfil de conversión (balance de masa) y la temperatura (balance de energía) a lo largo del reactor empacado, se parte de las ecuaciones de conservación aplicadas a un volumen de control, como se muestra en la Figura 1.

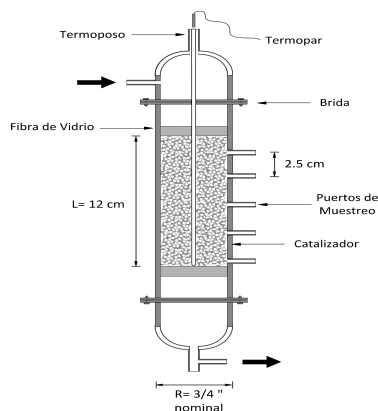


Figura 1. Esquema del reactor catalítico de lecho fijo estudiado.

El catalizador se preparó con una forma cilíndrica con 1/8 x 1/8 pulg. de diámetro y longitud, respectivamente. El lecho catalítico fue de 13 cm de longitud y 1.09cm de diámetro. Al realizar el balance de materia con respecto al reactivo limitante a través del elemento de control, y en función del flujo en dirección axial z, la difusión en dirección radial y las pérdidas por reacción, se obtiene el modelo bidimensional de balance de masa y energía mediante la Ecuación 1 y 2.

$$\frac{\partial x}{\partial z} - \frac{De}{u} \left(\frac{\partial^2 x}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial x}{\partial r} \right) - \frac{(\rho B r P)}{(G C_p \Delta T)} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial T}{\partial z} - \frac{Ke}{(G C_p)} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{(\rho B) \Delta H r P}{(G C_p)} = 0 \quad (2)$$

La resolución del sistema de ecuaciones diferenciales parciales parabólicas se discretizó mediante una variante de la metodología de Crank-Nicholson. Posteriormente, se implementó una codificación en el software Wolfram Mathematica® para su resolución. Para validar el modelo propuesto, se llevó a cabo la reacción en un reactor tubular con un catalizador bimetalico de Ni-Co-Hidrotalcita-WOx que mostró alta selectividad a H₂. Se realizaron análisis de composición a lo largo del reactor. El calentamiento se realizó externamente mediante un horno eléctrico.

Resultados. En la Figura 2 se observó que la conversión en el reactor aumento un 91 % durante los primeros 6 cm del lecho catalítico y solo un 8 % en la segunda mitad del reactor. Es probable que en la primera sección del reactor se genere la mayor cantidad de H₂, ya que en la alimentación del reactor se produce la mayor relación de agua/etanol debido a la reacción. CH₃CH₂OH + 3H₂O → 6 H₂ + 2 CO₂. Se observó una disminución de la temperatura en el centro del reactor mediante la ecuación cinética de Eley Rideal (Fig. 3), calculándose un valor mínimo de 468 °C. Utilizando una ecuación cinética de ley de potencia, el valor mínimo calculado fue de 523 °C.

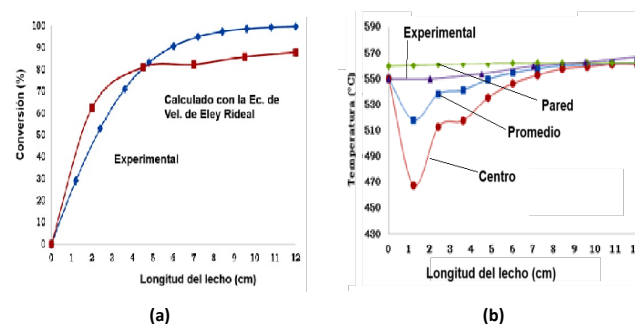


Figura 3. (a) Conversión y (b) Temperatura contra la longitud de lecho del reactor tanto por el modelo como por la parte experimental.

Conclusiones. Se desarrolló un modelo matemático de un reactor catalítico de lecho fijo para la reacción de reformado de etanol con vapor a H₂. Se observó que la conversión en el reactor aumenta un 91 % durante los primeros 6 cm del lecho. La diferencia radial de la conversión en tres secciones axiales del reactor (1,2, 6 y 12 cm) fue relativamente pequeña, al resolver 1080 ecuaciones algebraicas. La ecuación de velocidad de Eley Rideal se ajusta.

Bibliografía.

- Barroso, M. N., Gomez, M. F., Arrúa, L. A., & Abello, M. C. (2006). Hydrogen production by ethanol reforming over NiZnAl catalysts. *Applied Catalysis A: General*, 304, 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2006.02.033>
- Contreras, J. L., Salmenes, J., Colín-Luna, J. A., Nuño, L., Quintana, B., Córdova, I., ... & Fuentes, G. A. (2014). Catalysts for H₂ production using the ethanol steam reforming (a review). *International Journal of Hydrogen Energy*, 39(33), 18835-18853. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.08.072>
- Figueroa Aragón A.(2014). "Síntesis de catalizadores Ni-Co/Hidrotalcitas para la producción de hidrógeno" Tesis Universidad Autónoma Metropolitana, México.

Diseño de un Sistema de Gestión Térmica con Materiales de Cambio de Fase para Vehículos Automotrices

K. Carranza-Herrejón *, C. del C. Gutiérrez-Torres y J. A. Jiménez-Bernal

Laboratorio de Ingeniería Térmica e Hidráulica Aplicada, Departamento de Ing. Mecánica, SEPI ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, Estado, México

* Autor de correspondencia: kcarranzah1601@alumno.ipn.mx

Energías Renovables (Modelado y simulación computacional)

Recibido: 14 de junio de 2025

Aceptado: 7 de agosto de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: gestión térmica; PCM; vehículos automotrices; sostenibilidad; simulación térmica

Introducción. El sistema de aire acondicionado en vehículos representa un consumo significativo de energía, especialmente en climas cálidos. Diversos estudios han señalado que este consumo puede incrementar en más del 20 % el uso de combustible en zonas urbanas congestionadas (Yuksel & Michalek, 2015). Ante ello, la incorporación de materiales de cambio de fase (PCM, por sus siglas en inglés) ha sido propuesta como una alternativa pasiva para reducir el calentamiento del habitáculo y mejorar el confort térmico del usuario (Zalba *et al.*, 2003).

Los PCM son materiales capaces de almacenar y liberar grandes cantidades de energía térmica durante su proceso de cambio de fase, típicamente entre sólido y líquido. Este fenómeno permite mantener la temperatura cercana al punto de fusión durante periodos prolongados (Khudhair & Farid, 2004). En el sector automotriz, su aplicación ha sido explorada en sistemas de climatización, asientos térmicos y recubrimientos interiores (Kumar *et al.*, 2020).

Materiales y Métodos. Se seleccionó como PCM la parafina RT28HC, debido a su temperatura de cambio de fase en el rango de 28 °C a 30 °C, alta estabilidad térmica y baja toxicidad, características adecuadas para aplicaciones en habitáculos automotrices (Sharma *et al.*, 2009).

El diseño conceptual del sistema consideró la colocación de cápsulas con PCM en la zona del respaldo y asiento del vehículo, en contacto con la superficie que recibe mayor radiación solar y calor corporal. Se generaron modelos CAD del sistema mediante el software Autodesk Inventor 2024, y posteriormente fueron exportados a ANSYS Workbench 2024 para realizar simulaciones térmicas utilizando el método de elementos finitos.



Figura 1. Representación conceptual de un sistema de gestión térmica pasiva en asiento automotriz con PCM. Modificada por el autor a partir de generación asistida mediante inteligencia artificial.

La simulación consideró una exposición al flujo de calor constante de 500 W/m², partiendo de una condición inicial uniforme de 25 °C. Se definieron condiciones de frontera de tipo convección natural en superficie expuesta al aire ($h = 5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) y aislamiento en la cara inferior del asiento. El PCM se modeló como material con cambio de fase empleando el método de entalpía efectiva disponible en ANSYS, para analizar su capacidad de absorción de calor latente.

Resultados esperados.

Como resultado preliminar, se espera que el sistema de gestión térmica con PCM reduzca el aumento de temperatura en la superficie del asiento del vehículo durante la exposición solar, gracias a la absorción de calor latente por parte del material RT28HC (Zhang *et al.*, 2007). Mediante simulación numérica en ANSYS, se modela la evolución térmica de la estructura con y sin PCM. Se anticipa que, durante los primeros minutos de exposición térmica, la temperatura superficial se mantenga estable cerca de los 28 °C debido al proceso de fusión del PCM, antes de incrementarse gradualmente. Este comportamiento se traduce en un retraso en el calentamiento del asiento, permitiendo disminuir la dependencia del sistema de aire acondicionado.

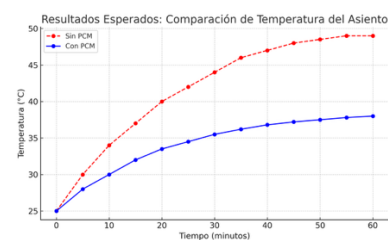


Figura 2. Perfil de temperatura simulado en asiento automotriz con y sin PCM bajo exposición solar. Simulación realizada por el autor en ANSYS 2024.

Conclusiones. El uso de materiales de cambio de fase, como la parafina RT28HC, representa una alternativa viable para mejorar el confort térmico en habitáculos automotrices mediante mecanismos pasivos. A través del diseño e implementación de un sistema integrado en los asientos del vehículo, es posible atenuar el incremento térmico generado por la exposición solar, contribuyendo así a una menor dependencia del sistema de aire acondicionado. Las simulaciones térmicas permitirán validar el potencial de este enfoque, y servirán como base para una posterior etapa experimental. Este tipo de soluciones puede ser particularmente útil en zonas de alta radiación solar, al tiempo que promueve el uso eficiente de la energía en el transporte.

Bibliografía.

- Khudhair, A. M., & Farid, M. M. (2004). A review on energy conservation in building applications with thermal storage by latent heat using phase change materials. *Energy Conversion and Management*, 45(2), 263–275. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(03\)00131-6](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(03)00131-6)
- Kumar, R., Singh, R. K., & Sahoo, U. (2020). Applications of phase change materials in automobiles: A review. *Materials Today: Proceedings*, 28, 1129–1134. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.787>
- Sharma, A., Tyagi, V. V., Chen, C. R., & Buddhi, D. (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(2), 318–345. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.10.005>
- Yuksel, T., & Michalek, J. J. (2015). Effects of regional temperature on electric vehicle efficiency, range, and emissions in the United States. *Environmental Science & Technology*, 49(6), 3974–3980. <https://doi.org/10.1021/es505621s>
- Zalba, B., Marín, J. M., Cabeza, L. F., & Mehling, H. (2003). Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications. *Applied Thermal Engineering*, 23(3), 251–283. [https://doi.org/10.1016/S1359-4311\(02\)00192-8](https://doi.org/10.1016/S1359-4311(02)00192-8)
- Zhang, Y., Zhou, G., Lin, K., Zhang, Q., & Di, H. (2007). Application of latent heat thermal energy storage in buildings: State-of-the-art and outlook. *Building and Environment*, 42(6), 2197–2209. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.023>

Innovación y modelos de negocio en la transición energética

Alida Ramirez-Jimenez ¹ y Quetzalcoatl Hernandez-Escobedo ^{2,*}

¹ Escuela Internacional de Doctorado, Universidad de Almería, Almería, España

² Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Juriquilla, Querétaro, Universidad Nacional Autónoma de México, México

* Autor de correspondencia: ghernandez@unam.mx

Energías Renovables (Transición energética)

Recibido: 2 de julio de 2025

Aceptado: 29 de julio de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Transición energética; innovación; modelos de negocio; energías renovables; digitalización

Introducción. La transición energética exige no solo un cambio tecnológico, sino también modelos de negocio innovadores que transformen la forma en que se produce, gestiona y consume la energía (Eras Almeida, 2021). Este trabajo se analiza cómo innovaciones tecnológicas como las redes inteligentes, el Internet de las Cosas (IoT), el almacenamiento energético y la tecnología blockchain habilitan nuevos modelos como Energía como Servicio (EaaS) y el intercambio energético entre pares (P2P). Estos esquemas descentralizan la generación, empoderan a los ciudadanos como prosumidores activos y facilitan la integración de fuentes renovables distribuidas (Arellanes, 2023). Como resultado, se reduce la dependencia de sistemas centralizados basados en combustibles fósiles, mejorando la flexibilidad y resiliencia del sistema energético. Se concluye que la innovación es tanto motor como catalizador de estos modelos emergentes, que a su vez aceleran una transición energética más inclusiva, digitalizada y sostenible.

Materiales y Métodos. Las tecnologías renovables (solar, eólica, almacenamiento, hidrógeno verde) han alcanzado niveles de madurez que permiten su despliegue masivo. Además, la digitalización (IoT, big data, inteligencia artificial) permite una gestión más eficiente y flexible de la energía (Serveo, 2023).

La innovación también se refleja en estructuras de gobernanza y esquemas financieros. Surgen cooperativas energéticas, modelos de negocio basados en servicios energéticos (ESCOs), contratos PPA entre privados, y modelos de suscripción a energía limpia (Forética, 2023).

Innovaciones tecnológicas que impulsan nuevos modelos de negocio (Cesuma, 2024)

- Digitalización: El uso de inteligencia artificial, big data e Internet de las Cosas (IoT) permite una gestión más eficiente de la demanda, mantenimiento predictivo y optimización de recursos energéticos.
- Redes inteligentes (Smart Grids): Facilitan la integración de energías renovables, la gestión descentralizada y la participación activa de consumidores y prosumidores.
- Almacenamiento de energía: Las baterías y soluciones avanzadas permiten mayor flexibilidad y estabilidad, abriendo la puerta a nuevos servicios y mercados.

En la tabla 1 se presentan los modelos de negocio vinculado a la energía más representativos en el mundo (Euro-Funding, 2025).

Tabla 1. Nuevos modelos de negocio en energía

Modelo de negocio	Características principales	Ejemplo destacado
Energía como servicio (EaaS)	Contratos donde el cliente paga por uso o desempeño energético	Empresas que ofrecen eficiencia energética gestionada
Plataformas de transacción energética	Compra-venta de energía entre pares (P2P), comunidades energéticas	Startups de blockchain energético
Contratos inteligentes y flexibles	Acuerdos automáticos y adaptativos según demanda y precios	Proyectos piloto en Europa y América Latina
Servicios de gestión de datos	Análisis y optimización del consumo energético empresarial	Consultoras energéticas digitales

Resultados. A continuación, se explican cómo las innovaciones tecnológicas como smart grids, IoT, almacenamiento, blockchain,

prosumidores), entre otras, permiten la aparición de nuevos modelos de negocio.

Smart Grids (Redes inteligentes)

Innovación tecnológica: Permiten la integración de energías renovables, una gestión descentralizada de la red y la participación activa de los consumidores.

Impacto en modelos de negocio:

Prosumidores: Las redes inteligentes permiten que los usuarios generen y consuman su propia energía, e incluso vendan excedentes.

Plataformas comunitarias: Facilitan el control local de la energía, promoviendo comunidades energéticas autónomas.

EaaS (Energy as a Service): Permiten servicios como monitoreo y optimización energética en tiempo real, ofrecidos por terceros.

Internet de las Cosas (IoT), Big Data e Inteligencia Artificial

Innovación tecnológica: Proveen herramientas para el mantenimiento predictivo, la gestión eficiente de la demanda y la optimización de recursos.

Impacto en modelos de negocio:

EaaS: Los proveedores pueden ofrecer servicios personalizados de eficiencia energética con base en datos en tiempo real.

Servicios de gestión de datos: Surgen empresas que optimizan el consumo energético empresarial, como consultoras digitales.

Agregadores digitales: Pueden coordinar múltiples fuentes de energía distribuida para ofrecer servicios a la red eléctrica.

Almacenamiento de energía

Innovación tecnológica: Las baterías y soluciones avanzadas de almacenamiento permiten estabilizar y flexibilizar la red eléctrica.

Impacto en modelos de negocio:

Plataformas P2P (peer-to-peer): El almacenamiento facilita la compraventa de energía entre pares, ya que permite gestionar excedentes y demandas variables.

Cooperativas energéticas: Pueden almacenar colectivamente energía generada por la comunidad y usarla cuando más se necesita.

EaaS: El almacenamiento es ofrecido como parte de un paquete de servicios energéticos gestionados.

Blockchain

Innovación tecnológica: Ofrece contratos inteligentes, trazabilidad, transparencia y seguridad en las transacciones energéticas.

Impacto en modelos de negocio:

Plataformas de transacción energética P2P: Blockchain habilita el intercambio directo de energía entre usuarios sin intermediarios.

Contratos inteligentes: Automatizan acuerdos energéticos según precios y demanda.

Modelos comunitarios: Fomenta la confianza y gobernanza descentralizada en cooperativas energéticas.

Prosumidores

Innovación social-tecnológica: Las personas dejan de ser solo consumidores para convertirse también en productores de energía.

Impacto en modelos de negocio:

Comunidades energéticas: Se estructuran en torno a prosumidores que colaboran para compartir y gestionar la energía localmente.

Modelos de suscripción o ESCOs: Permiten a los prosumidores acceder a servicios de instalación, monitoreo y mantenimiento.

Economía circular y resiliencia energética: Los prosumidores empoderan una transición más justa y distribuida.

Los modelos de negocio EaaS (Energy as a Service) y P2P (Peer-to-Peer energy sharing) están transformando la forma en que se produce, distribuye y consume la energía, contribuyendo a una transición energética más justa, eficiente y sostenible. Su adopción está estrechamente vinculada al despliegue de innovaciones tecnológicas como IoT, smart grids, almacenamiento y blockchain.

Descentralización de la generación

P2P permite que usuarios generadores (prosumidores) compartan o vendan su excedente de energía directamente con otros consumidores, sin pasar por intermediarios tradicionales.

EaaS proporciona servicios energéticos a medida en múltiples ubicaciones, impulsando el uso de generación local distribuida (paneles solares, pequeñas turbinas eólicas, baterías) como parte del modelo de servicio.

Resultado: Se reduce la necesidad de depender exclusivamente de grandes centrales eléctricas fósiles y redes centralizadas, permitiendo una arquitectura energética más distribuida y resiliente.

Empoderamiento ciudadano

En el modelo P2P, los ciudadanos dejan de ser consumidores pasivos para convertirse en actores activos del sistema energético, decidiendo cómo, cuándo y con quién intercambian energía.

En EaaS, los usuarios acceden a soluciones energéticas personalizadas sin necesidad de inversiones iniciales, lo que democratiza el acceso a tecnologías limpias y reduce barreras económicas.

Ambos modelos fomentan el control local de la energía, fortaleciendo la autonomía energética de hogares, empresas y comunidades.

Incremento de generación renovable distribuida

La infraestructura P2P se basa en la disponibilidad de fuentes renovables cercanas (como paneles solares en techos), incentivando su instalación y uso eficiente.

EaaS promueve la adopción de sistemas renovables mediante contratos por desempeño o ahorro, garantizando beneficios sin que el usuario tenga que operar los equipos.

Estos modelos integran soluciones de almacenamiento y gestión inteligente de la energía, lo que permite maximizar el uso de renovables intermitentes (solar, eólica) a nivel local.

Reducción de dependencia de grandes centrales fósiles

Al favorecer la generación y consumo local, se reduce la necesidad de transporte y distribución de energía desde plantas convencionales.

Se disminuyen las pérdidas en la red y la huella de carbono, contribuyendo a la descarbonización del sistema energético.

Se fortalece la resiliencia energética ante crisis, apagones o fluctuaciones de precios asociadas a los combustibles fósiles.

Estos modelos no solo representan una disrupción tecnológica, sino también una reconfiguración social y económica del sistema energético, donde la ciudadanía asume un papel protagónico en la transición hacia un futuro energético más equitativo, sostenible y descentralizado.

Casos de estudio relevantes (Larrea y Bilbao, 2020).

Países Bajos: Las cooperativas energéticas como "Energie Samen" han logrado que comunidades rurales gestionen sus propias plantas solares.

México: En Oaxaca, proyectos eólicos comunitarios buscan esquemas híbridos entre propiedad local y financiamiento privado.

Alemania: El modelo "Energiewende" ha combinado política, innovación y participación social para reformar el sistema energético.

África: Las microrredes solares con prepago digital están llevando energía limpia a comunidades sin acceso.

Retos y oportunidades

Aunque los modelos innovadores ofrecen múltiples ventajas, existen desafíos regulatorios, financieros y sociales. Entre ellos:

La necesidad de marcos normativos que favorezcan la descentralización.

Garantizar la equidad en el acceso a nuevas tecnologías.

Capacitar talento humano para nuevos perfiles energéticos.

Al mismo tiempo, la transición energética ofrece oportunidades para la creación de empleos verdes, la resiliencia energética local y el fortalecimiento de la soberanía energética (González de la Cámara, 2023).

Conclusiones. La transición energética es mucho más que un cambio tecnológico: es un cambio estructural que redefine las relaciones entre productores, consumidores, gobiernos y el medio ambiente. En este proceso, la innovación emerge como el principal motor de transformación, no solo en términos de tecnología, sino también de modelos de negocio, esquemas organizacionales, marcos regulatorios y mecanismos de financiamiento.

Los modelos de negocio innovadores analizados en este artículo —como los prosumidores, las comunidades energéticas, el modelo de energía como servicio, los agregadores digitales y la economía circular— ofrecen respuestas flexibles, escalables y socialmente más inclusivas a los desafíos energéticos contemporáneos. Estos esquemas permiten pasar de una lógica centralizada y vertical a una lógica distribuida, colaborativa y resiliente, en donde la ciudadanía deja de ser espectadora y se convierte en protagonista activa del sistema energético.

Además, estas transformaciones contribuyen a democratizar el acceso a la energía, fomentando la equidad social, el empoderamiento local y la justicia energética. Sin embargo, su implementación aún enfrenta importantes desafíos:

Desde lo regulatorio, se requiere una adaptación de los marcos normativos para permitir el funcionamiento eficiente de nuevos actores energéticos, así como garantizar condiciones equitativas de participación en los mercados.

Desde lo financiero, es necesario generar mecanismos de inversión más inclusivos, especialmente para comunidades vulnerables y zonas rurales, que suelen estar fuera del radar de las grandes inversiones energéticas.

Desde lo social, urge una transición energética justa que no reproduzca las desigualdades del sistema fósil, sino que fomente el desarrollo local, el empleo verde y la soberanía energética.

Desde lo tecnológico, se debe garantizar la interoperabilidad, ciberseguridad y confiabilidad de las nuevas soluciones digitales aplicadas al sector energético.

Bibliografía.

- Andrea A. Eras Almeida. (2021, agosto 6). Modelos de negocio para una transición energética justa. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. https://www.sicreee.org/sites/default/files/documents/files/Sesion%203_%20Modelos%20de%20negocio%20para%20una%20transicion%20energetica%20justa.pdf
- Arellanes, J. (2023). Innovación para una transición energética justa y sostenible. Global Energy. <https://globalenergy.mx/noticias-especiales/columnas/innovacion-transicion-energetica/>
- Cesuma. (2024, febrero 22). 5 Casos de éxito en energías renovables. Cesuma. <https://www.cesuma.mx/blog/5-casos-de-exito-en-energias-renovables.html>
- Euro-Funding. (2025). Nuevos modelos de negocio en la transición energética. <https://euro-funding.com/es/blog/nuevos-modelos-de-negocio-en-la-transicion-energetica/>
- Forética. (2023, noviembre). Las empresas en la transición energética hacia la descarbonización. https://foretica.org/wp-content/uploads/2023/11/Las_empresas_en_la_transicion_energetica.pdf
- González de la Cámara, J. (2023, junio 21). Nuevos modelos de negocio para la transición energética. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/nuevos-modelos-de-negocio-para-la-transicion-energetica-j-gonzalez-de-la-camara>
- Serveo. (2023). La transformación del sector energético y los modelos de negocio emergentes. <https://serveo.com/la-transformacion-del-sector-energetico-y-los-modelos-de-negocio-emergentes>
- Larrea Basterra, J., & Bilbao Ozamiz, J. (2020). Nuevos modelos de negocio en electricidad para la transición energética. Revista Economía Industrial, 416, 149-166. <https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/416/LARREA%20BASTERRA%20y%20BILBAO%20OZAMIZ.pdf>

Comparación de características agro-morfológicas de maíces nativos bajo distintos esquemas de manejo en la Sierra de Zongolica, Veracruz

Gregorio Hernández-Salinas ^{1,*}, Jaime Tecpile-Cortes ², Sergio Reyes-Rosas ¹, Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera ¹, Adela Morales-Vásquez ¹, Cristal Arany Guerrero-Ortiz ¹, Francisco Javier Mejía-Ochoa ¹ y Mayra Y. De La Cruz-De Jesús ¹

¹ Docente-Investigador del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, Zongolica 95005, Veracruz, México.

² Estudiante de la Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica.

* Autor de correspondencia: gregorio_hs@zongolica.tecnm.mx

Desarrollo Sustentable (Agricultura sustentable)

Recibido: 14 de julio de 2025 Aceptado: 15 de octubre de 2025 Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Agroecosistema milpa; Agroecología; Variación agro-morfológica; Maíz nativo

Introducción. En México existe una gran diversidad de maíces nativos agrupándose en 59 razas que se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 3400 m. El cultivo de maíz ocupó el noveno lugar en el estado de Veracruz, aportando una producción de 1,356,201.63 toneladas en el 2024 (SIAP, 2025).

El maíz es el cultivo principal del agroecosistema milpa (maíz, frijol y calabaza) el cual el productor le asigna diferente manejo en función de sus diferentes necesidades, destacando las alimenticias. Se diferencia el manejo convencional *versus* agroecológico porque el primero se rige por la revolución verde; mientras que, el tradicional o agroecológico es practicado por el conocimiento empírico del productor. Por lo anterior, el objetivo fue comparar las características agro-morfológicas de maíces nativos entre agroecosistemas con manejo agroecológico y convencional.

Materiales y Métodos. Se estudiaron cinco agroecosistemas con diferente manejo (convencional y agroecológico) en los municipios de Xoxocotla, Tlaquilpa y Texhuacán, pertenecientes a la Sierra de Zongolica, México.

Después de ello, se realizó un muestreo aleatorio de 10 plantas de maíz de cada agroecosistema en la etapa final del ciclo reproductivo cuando la planta de maíz alcanzó su madurez fisiológica (R6) (Ritchie *et al.*, 1986), posteriormente, se midieron las variables agro-morfológicas como diámetro de tallo y altura de la planta; a las cuales se les aplicó un análisis de varianza y una comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Se hizo un muestreo en zig-zag en el suelo para posteriormente determinar su pH.

Resultados. Las plantas de maíz del agroecosistema 1 (agroecológico), 2 (agroecológico) y 5 (convencional) fueron más altas ($P \leq 0.05$) que las de los agroecosistemas 3 (agroecológico) y 4 (agroecológico). En cuanto al diámetro de tallo de las plantas de maíz, el agroecosistema 1 (agroecológico) y agroecosistemas 2 (agroecológico) presentaron el mayor diámetro ($P \leq 0.05$) respecto del agroecosistema 3 (agroecológico) (Tabla 1).

En cada agroecosistema el pH del suelo fue: 6.2, 6.1, 6.5, 6.6 y 6.3, respectivamente. De acuerdo con la SEMARNAT (2000) sólo el agroecosistema 4 tuvo un suelo neutro, el resto fue moderadamente ácido.

Tabla 1. Comparación de altura de planta y diámetro de tallo en maíces nativos de acuerdo al manejo agroecológico o convencional.

Agroecosistema	Altura de planta (m)	Diámetro de tallo (mm)
1. Manejo agroecológico	3.57±0.14a	24.15±1.25a
2. Manejo agroecológico	3.20±0.1a	23.22±1.25a
3. Manejo agroecológico	2.29±0.14b	18.13±1.25b
4. Manejo agroecológico	2.60±0.14b	21.71±1.25ab
5. Manejo convencional	3.22±0.14a	21.40±1.25ab

Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Conclusiones. El tipo de manejo entre agroecosistemas con maíz nativo influye en las características de la planta y tallo de la misma, posiblemente debido a la composición del suelo y genotipo.

Bibliografía.

- CONABIO (2020). Razas de maíz de México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>.
- Ritchie S. W., Hanway J. J. y Benson G. O. (1986). Como se desarrolla una planta de maíz. Universidad Estatal de Ciencia y Tecnología Servicio de Extensión Cooperativa Ames, Iowa, 1-21.
- SEMARNAT (2000). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. 73 p.
- SIAP (2025). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Economía circular de la producción de la síntesis de TiO_2 con zacate limón

María del Pilar Rodríguez-Rojas ^{1,*}, Victoria Bustos Terrones ² y Horacio Martínez Valencia ¹

¹ Instituto de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad #1000, Col. Chamilpa, CP 62210, Cuernavaca, Morelos, México

² Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMOR), P.º Cuauhnáhuac 566, Lomas del Texcal, 62574 Jiutepec, Mor.

* Autor de correspondencia: mpilar@icf.unam.mx

Diseño de Procesos Sustentables (Análisis del Ciclo de Vida).

Recibido: 14 de agosto de 2025

Aceptado: 2 de octubre de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Análisis de ciclo de vida (LCA); extracto de *Cymbopogon Citratus*; nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2)

Introducción. Hoy en día se investigan procesos que sean más amigables con el medio ambiente, por lo cual se busca sustituir procesos industriales contaminantes por tecnologías limpias y circulares (Henderson *et al.*, 2023). En este trabajo se presenta la síntesis verde de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) utilizando como agente reductor el extracto de *Cymbopogon Citratus* (zacate limón), como una alternativa ecológica y viable dentro del marco de la economía circular. Esta es una planta, fácil de cultivar y rica en compuestos fitoquímicos, lo que le permite actuar como agente reductor y estabilizante, evitando el uso de precursores tóxicos y disolventes contaminantes.

Al utilizar esta ruta de producción se minimizan residuos, se reduce el consumo energético y se aprovecha la materia prima renovable, cumpliendo con varios de los principios de la química verde. En este trabajo se evaluó el impacto ambiental del proceso mediante el análisis del ciclo de vida (ACV) (Dabirian *et al.*, 2023).

Materiales y Métodos. Para determinar el impacto ambiental de la síntesis de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2), se realizó un análisis de ciclo de vida el software Open LCA considerando la norma ISO 14040, lo que permite identificar las reducciones en emisiones de gases de efecto invernadero. La figura 1 muestra las etapas del análisis del ciclo de vida que se utilizaron para determinar los eco indicadores.



Figura 1. Representación de las etapas del análisis del ciclo de vida utilizada para la síntesis verde de TiO_2 .

Se estableció 1 kg de TiO_2 como unidad funcional. El diagrama de flujo de la síntesis verde se elaboró con base en los parámetros experimentales desarrollados en la Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMOR). El consumo de energía eléctrica se calculó según los requerimientos de cada equipo utilizado. Se excluyeron del análisis las fases de empaque, transporte, aplicación y disposición final.

Resultados. La figura 2 presenta los resultados de la síntesis verde de TiO_2 utilizando hojas de té limón como precursor, el análisis de ciclo de vida mostró que las etapas con mayor impacto ambiental son la calcinación, el secado y la centrifugación, debido a su elevado consumo energético y, por ende, emisiones de CO_2 . En términos cuantitativos, los impactos fueron: acidificación y eutrofización de 6.44×10^{-3} kg SO_2 eq, ecotoxicidad de 9.34×10^{-6} kg 1,4-DCB eq (mayor que en la síntesis convencional por el uso de pesticidas en el cultivo de lemongrass), cambio climático de 5.27×10^{-8} kg CO_2 eq, efectos respiratorios inorgánicos de 1.37×10^{-7} VOCs y orgánicos de 1.65×10^{-7} VOCs y consumo de minerales de 1.66×10^{-3} kg Cu eq. El proceso presentó una eficiencia del 92% y una pureza del 100%, con un tiempo de reacción de 3 horas, sin generación de residuos sólidos. El proceso presentó una eficiencia del 92% y una pureza del 100%, con un tiempo de reacción de 3 horas, sin generación de residuos sólidos. Las mayores contribuciones a la ecotoxicidad y a la formación de oxidantes fotoquímicos (NMVOCs) se registraron en las etapas de lixiviación y filtración, asociadas a la liberación de compuestos orgánicos. La síntesis verde reduce de forma significativa el uso de reactivos peligrosos, las emisiones de gases de efecto invernadero y los residuos tóxicos, manteniendo alta eficiencia y pureza, aunque con áreas de mejora en el consumo energético de etapas críticas.

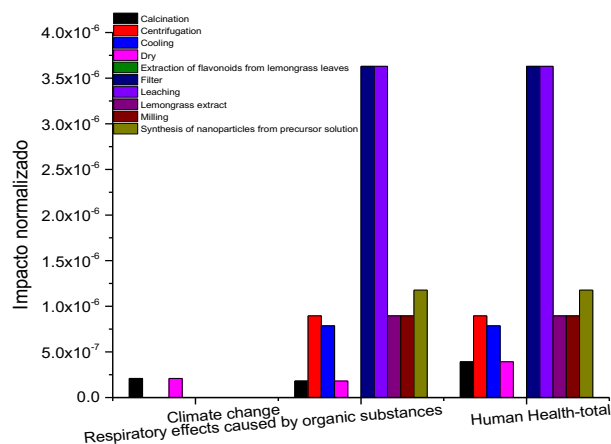


Figura 2. Indicadores en cada una de las etapas del proceso de fabricación de síntesis verde de TiO_2 .

Conclusiones. La síntesis verde reduce de forma significativa el uso de reactivos peligrosos, las emisiones de gases de efecto invernadero y los residuos tóxicos, manteniendo alta eficiencia y pureza, aunque con áreas de mejora en el consumo energético de etapas críticas y en la gestión agrícola para minimizar impactos tóxicos.

Bibliografía.

- Dabirian, E., Hajipour, A., Mehrizi, A. A., Karaman, C., Karimi, F., Loke-Show, P., & Karaman, O. (2023). Nanoparticles application on fuel production from biological resources: A review. *Fuel*, 331, 125682.
- Henderson, K., & Loreau, M. (2023). A model of Sustainable Development Goals: Challenges and opportunities in promoting human well-being and environmental sustainability. *Ecological Modelling*, 475, 110164.

Valorización de biomasa lignocelulósica para la producción de xilobiosa mediante extractos enzimáticos fúngicos

Evelyn Romero-Borbón y Jesús Córdova-López *

Laboratorio de Fermentaciones y Biocatálisis, Departamento de Química, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.

* Autor de correspondencia: antonio.cordova@academicos.udg.mx

Desarrollo Sustentable (Gestión y aprovechamiento de residuos sólidos)

Recibido: 18 de agosto de 2025 Aceptado: 2 de octubre de 2025 Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Xilobiosa, lirio acuático, fermentación sólida, extractos enzimáticos, residuos lignocelulósicos

Introducción. La obtención de oligosacáridos funcionales a partir de residuos vegetales representa una estrategia sustentable de valorización. El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), especie invasora de cuerpos de agua, y el bagazo de caña de azúcar son materiales abundantes en México (Sharma *et al.*, 2016). Se ha demostrado que la hidrólisis controlada de hemicelulosas extraídas de biomasa vegetal permite la obtención de xilooligosacáridos con potencial funcional, como la xilobiosa, reconocida por sus propiedades prebióticas (Santana *et al.*, 2021). En este trabajo se evaluó la producción de xilobiosa a partir de hemicelulosas de lirio y bagazo, utilizando extractos enzimáticos fúngicos obtenidos por fermentación sólida. Los resultados aportan evidencia sobre el potencial de bioprocesos enzimáticos como vía para el aprovechamiento integral de residuos agroindustriales.

Materiales y Métodos. *Aspergillus austwickii*, *Trichoderma harzianum* y *Penicillium crustosum* fueron cultivados por fermentación sólida, utilizando tallos de lirio seco como soporte e inductor, pretratados termoquímicamente: H₂SO₄ 0.6M, 121°C, 15 psi por 20 min, despresurización y neutralización con NaOH. El lirio pretratado fue inoculado con 0.8x10⁷ esporas/g materia seca y un medio de sales minerales. Los extractos enzimáticos se obtuvieron con buffer citratos 0.1 M, pH 5.3 y la actividad enzimática se cuantificó utilizando xilano como sustrato (1% p/v en el mismo buffer) y el método de azúcares reductores (AR) (Miller, 1959). La actividad enzimática se reportó como Unidades/gramo de fermento seco (U/gFS). La fracción de hemicelulosa de los tallos de lirio (LA) y bagazo de caña (BC) se extrajo siguiendo la metodología de Samantha *et al.*, 2014. Para las hidrólisis se aplicó un diseño de mezclas tipo simplex-centroide con los tres extractos enzimáticos para evaluar combinaciones puras, binarias y equitativas (Tabla 1). La hidrólisis parcial de las hemicelulosas se realizó mezclando 1.5 mL de extracto enzimático crudo con 1.5 mL de cada hemicelulosa a una concentración de 50 g/L, para una concentración final de 25 g/L, en buffer citratos 0.1M, pH 5.3. En todos los casos, la actividad enzimática total se normalizó a 10 U/mL por reacción. Las reacciones se incubaron durante 5 horas a 50 °C, cuantificando los AR liberados cada hora. Los hidrolizados fueron analizados por cromatografía de capa fina (TLC) utilizando placas de sílica y revelado con una mezcla de 1-butanol/isopropanol/ácido acético/agua (7:5:1:2, v/v/v/v) y calentamiento a 105°C.

Tabla 1. Diseño experimental de mezclas.

Tratamiento	Porcentaje de extracto enzimático (%)		
	<i>A. austwickii</i>	<i>P. crustosum</i>	<i>T. harzianum</i>
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	0	50	50
5	50	50	0
6	50	0	50
7	33.3	33.3	33.3

Resultados. *A. austwickii*, *P. crustosum* y *T. harzianum* produjeron una actividad xilanasa máxima de 979, 1574 y 2616 U/gFS a las 48, 72 y 120 h de cultivo, respectivamente (Figura 1a) por lo que los extractos enzimáticos utilizados para la hidrólisis de las hemicelulosas correspondieron a estos tiempos. Las actividades xilanasas obtenidas en este trabajo se sitúan en un rango similar o superior al reportado en otros estudios de fermentación sólida, por ejemplo, *T. harzianum* cultivado en lirio acuático alcanzó 149 U/g y *Penicillium citrinum*, después de un proceso de optimización sobre bagazo de caña, logró 1645 U/g (Arana-Cuenca *et al.*, 2019; Ghoshal *et al.*, 2012). En paja de trigo se han obtenido 125 U/g con *Aspergillus fumigatus*, 14 U/g con residuos de ciruela amarilla y *Penicillium raqueforti*, y 1400 U/g con bagazo cervecero y *Aspergillus niger* (Valle-Pérez *et al.*, 2021; de Almeida Antunes Ferraz *et al.*, 2019; Moran-Aguilar *et al.*, 2021). Por otro lado, los AR liberados durante las hidrólisis de las hemicelulosas revelan (Figura 1b y 1c) que las mayores concentraciones correspondieron a los tratamientos 1 y 5 tanto para LA como BC, notándose que con BC la producción de AR es dos veces mayor a la de LA.

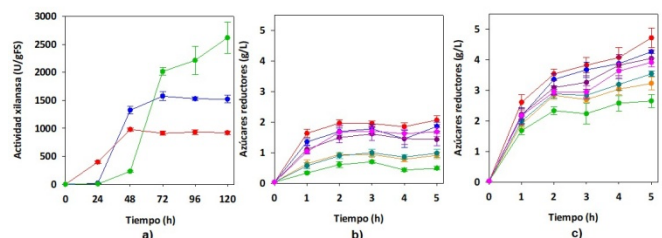


Figura 1: a) Cinética de producción de actividad xilanasa de: *A. austwickii* (●), *P. crustosum* (●) y *Trichoderma harzianum* (●); b) Cinética de liberación de AR durante la hidrólisis de hemicelulosa de LA y c) Cinética de liberación de AR durante la hidrólisis de hemicelulosa de BC. Tratamientos 1 (●), 2 (●), 3 (●), 4 (●), 5 (●), 6 (●) y 7 (●).

La TLC de los hidrolizados de lirio acuático (Figura 2a) revelaron manchas correspondientes a xilobiosa que fueron más intensas que las de xilosa. Por el contrario, en los hidrolizados de bagazo de caña (Figura 2b) se observaron señales predominantes de xilosa mientras que la xilobiosa fue menos visible, especialmente en los tratamientos 3, 4 y 7, reflejando diferencias claras en el perfil de azúcares liberados por los distintos sustratos. Investigaciones recientes han demostrado que las hidrólisis enzimáticas son eficaces para la obtención de xilooligosacáridos (XOS) a partir de residuos lignocelulósicos. Por ejemplo, Mafei *et al.* (2020) reportaron una conversión de hasta el 30% de xilano a XOS tras una hidrólisis enzimática de hemicelulosa extraída de subproductos de eucalipto, Yang *et al.* (2019) lograron una producción de 5.68 mg/mL de AR utilizando una combinación de xilanasas GH11 y GH10 de *Penicillium chrysogenum* sobre rastrojo de maíz y más recientemente, otro estudio alcanzó un rendimiento de 12.32 g/L de XOS utilizando xilanasas en combinación con ácido fórmico sobre mazorcas de maíz (Hong *et al.*, 2023).

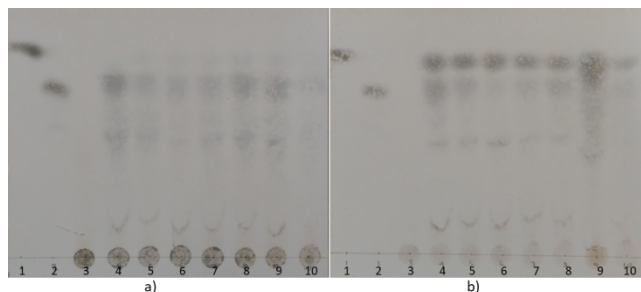


Figura 2. TLC de hidrolizados de hemicelulosa de a) LA y b) BC. Carriles: 1, Xilosa; 2, Xilobiosa; 3, Control negativo; 4 al 10, Tratamientos 1 al 7.

Conclusiones. Los resultados obtenidos evidencian la viabilidad del uso de residuos lignocelulósicos como sustratos enzimáticos para la generación de oligosacáridos funcionales, particularmente xilobiosa, con potencial aplicación en el desarrollo de ingredientes prebióticos.

Bibliografía.

- Arana-Cuenca, A., Tovar-Jiménez, X., Favela-Torres, E., Perraud-Gaime, I., González-Becerra, A.E., Martínez, A., Moss-Acosta, C.L., Mercado-Flores, Y. y Téllez-Jurado, A. (2019). Use of Water Hyacinth as a Substrate for the Production of Filamentous Fungal Hydrolytic Enzymes in Solid-State Fermentation. *3 Biotech.* 9:21. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1529-z>
- de Almeida Antunes Ferraz, J. L., Oliveira Souza, L., Gustavo de Araújo Fernandes, A., Luiz Ferreira Oliveira, M., de Oliveira, J. R., & Franco, M. (2019). Optimization of the solid-state fermentation conditions and characterization of xylanase produced by *Penicillium roqueforti* ATCC 10110 using yellow mombin residue (*Spondias mombin* L.). *CEC.* 207(1):31–42. <https://doi.org/10.1080/00986445.2019.1572000>
- Ghoshal, G., Banerjee, U. C., Chisti, Y. y Shuvhare, U. S. (2012). Optimizaton of xylanase production from *Penicillium citrinum* in solid-state fermentation. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 26(1):61-69.
- Hong, L., Baojun, F., Wenjun, Y. y Junhua, Z. (2023). Efficient production of xylobiose and xylotriose from corncob by mixed acids and xylanase hydrolysis. *Bioresour. Technol.* 387:129686. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129686>
- Mafei, T.D.T., Neto, F.S.P.P., Peixoto, G., de Baptista, N. A., Monti, R. y Masarin, F. (2020). Extraction and Characterization of Hemicellulose from *Eucalyptus* By-product: Assessment of Enzymatic Hydrolysis to Produce Xylooligosaccharides. *Appl Biochem Biotechnol.* 190:197–217. <https://doi.org/10.1007/s12010-019-03076-0>
- Miller, G. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal.Chem.* 31:426-428.
- Moran-Aguilar, M. G., Costa-Trigo, I., Calderón-Santoyo, M., Domínguez, J. M. y Aguilar-Uscanga, M. G. (2021). Production of cellulases and xylanases in solid-state fermentation by different strains of *Aspergillus niger* using sugarcane bagasse and brewery spent grain. *Biochem. Eng. J.* 172:108060. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2021.108060>
- Samantha, A. K., Jayapal, N., Kolte, A. P., Senani, S., Sridhar, M., Dhali, A., Suresh, K. P., Jayaram, C., y Prasad, C. S. (2014). Process for enzymatic production of xylooligosaccharides from the xylan of corn cobs. *J. Food Process. Preserv.* 39:729–736.
- Santana, E., Rezende, V., Lima, G. C., Margareth, M., & Naves, V. (2021). Dietary fibers as beneficial microbiota modulators: a proposal classification by prebiotic categories. *Nutrition*, 111217. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2021.111217>
- Sharma, A., Aggarwal, N.K.; Saini, A. y Yadav, A. (2016). Beyond Biocontrol: Water Hyacinth. Opportunities and Challenges. *J. Environ.Sci. Technol.* 9:26–48. <https://doi.org/10.3923/jest.2016.26.48>
- Valle-Pérez, A. U., Flores-Cosío, G. y Amaya-Delgado, L. (2021). Bioconversion of Agave Bagasse to Produce Cellulases and Xylanases by *Penicillium citrinum* and *Aspergillus fumigatus* in Solid-State Fermentation. *Waste Biomass Valor.* 12:5885–5897. <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01397-y>
- Yang, Y., Yang, J., Wang, R., Liu, J., Zhang, Y., Liu, L., Wang, F. y Yuan, H. (2019). Cooperation of hydrolysis modes among xylanases reveals the mechanism of hemicellulose hydrolysis by *Penicillium chrysogenum* P33. *Microb Cell Fact.* 18:159. <https://doi.org/10.1186/s12934-019-1212-z>

Evaluación ecotoxicológica del *Sargassum* spp. en el suelo usando lombrices de tierra como bioindicadores

Mayela Martínez Cano * y Ángel Isauro Ortiz-Ceballos

¹ Ecología y Manejo de la Biodiversidad, Fertilidad y Manejo Biológico del Suelo, Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Xalapa, Veracruz, México

* Autor de correspondencia: mayela.martinez1@outlook.com; Tel.: 52 4181138246

Contaminación de Agua, Suelo y Aire (Monitoreo de contaminantes)

Recibido: 21 de agosto de 2025

Aceptado: 2 de octubre de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Algas marinas; Metales pesados; Oligoquetos; Contaminación

Introducción. El *Sargassum* (*S. natans* y *S. fluitans*) ha presentado arribazones masivos en el Caribe mexicano desde 2011, asociados a cambios en la química del Atlántico (Wang *et al.*, 2019). Estos eventos han provocado eutrofización y mortalidad de fauna, entre otros (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2019). También impactos en la salud humana y el turismo (Gray *et al.*, 2021). Aunque se ha propuesto su aprovechamiento (Oyesiku & Egunyomi, 2014) la presencia de metales tóxicos, polifenoles y altos contenidos de sales minerales (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2020) plantea riesgos para los suelos, acuíferos y la salud ambiental. Las lombrices de tierra *Eisenia fetida* son bioindicadores reconocidos en ecotoxicología (OECD, 1984); sin embargo, no se ha evaluado su respuesta al *Sargassum*. Este estudio analizó la sensibilidad de *E. fetida* a distintas concentraciones de esta biomasa.

Materiales y Métodos. Se recolectó *Sargassum* en Playa del Carmen, Q. Roo, se limpió, almacenó a -5 °C y se caracterizó químicamente (C, H, N, S, Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn) mediante análisis elemental, espectrofotometría y absorción atómica. Como control se usó pulpa de café, mantenida a 80 % de humedad. Se emplearon juveniles de *E. fetida*, acondicionados en pulpa de café a 24 °C.

Siguiendo las normas ISO, (2008, 2012), se evaluó la evitación (48 h) y la toxicidad aguda (14 días) frente a cinco concentraciones de *Sargassum* (0–100%) mezclado con pulpa de café. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones con 10 lombrices por unidad experimental, registrándose peso fresco, número y supervivencia.

Los datos se evaluaron con ANOVA y prueba HSD de Tukey ($\alpha = 0.05$). El *Sargassum* recolectado no recibió ningún tratamiento previo antes de su utilización en los experimentos.

Resultados. Las concentraciones de metales se mantuvieron por debajo de umbrales letales reportados. En la prueba de evitación (48 h), como se muestra en la Figura 1 a–b, *E. fetida* no presentó mortalidad ni cambios significativos en biomasa ($F = 0.28$, $p = 0.885$); sin embargo, evitó significativamente el 100% del *Sargassum* ($F = 5.7$, $p = 0.003$).

En la prueba de toxicidad aguda (14 días), como se muestra en la Figura 2a–b, no se observaron diferencias significativas en mortalidad ($F = 1.60$, $p = 0.2132$). y la biomasa aumentó con 25% de *Sargassum*, mientras que disminuyó con el 100%.

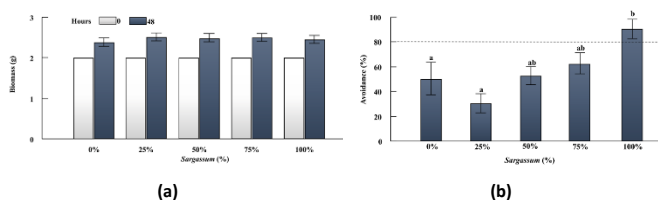


Figura 1. (a) Biomasa inicial y final y (b) respuesta de evitación (%) de la lombriz *Eisenia fetida* tras 48 h de exposición a cinco concentraciones de *Sargassum*. Los valores son medias $\pm$ EE ($n = 5$). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$, prueba HSD de Tukey).

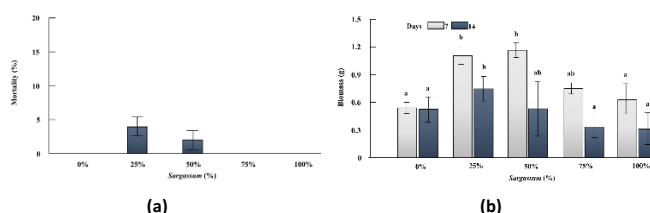


Figura 2. (a) Mortalidad y (b) ganancia de biomasa promedio de la lombriz epigea *Eisenia fetida* tras 7 y 14 días de exposición a cinco concentraciones de *Sargassum*. Valores = medias $\pm$ EE ($n = 5$). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$, prueba HSD de Tukey).

Conclusiones. La respuesta de *E. fetida* al *Sargassum* sugiere que concentraciones moderadas pueden favorecer su crecimiento, mientras que niveles altos inducen evitación y reducen la biomasa, sin mortalidad significativa. Este comportamiento y la variación en el crecimiento son útiles como indicadores del riesgo ambiental del *Sargassum*. Sin embargo, debe considerarse que esta macroalga presenta una alta variabilidad natural en sus concentraciones de elementos tóxicos, dependiendo de factores como el origen geográfico, las temporadas y las condiciones oceanográficas (Tonon *et al.*, 2022). Por lo tanto, se requieren estudios prolongados y comparativos que integren dicha variabilidad para evaluar sus efectos acumulativos y su riesgo ambiental.

Bibliografía.

- Gray, L. A., Bisonó León, A. G., Rojas, F. E., Veroneau, S. S., & Slocum, A. H. (2021). Caribbean-Wide, Negative Emissions Solution to *Sargassum* spp. Low-Cost Collection Device and Sustainable Disposal Method. *Phycology*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/phycolgy1010004>
- ISO. (2008). *Soil quality-Avoidance test for determining the quality of soils and effects of chemicals on behavior. ISO-17512-1:2008. Part 1: Test with earth-worms (Eisenia fetida and Eisenia andrei)*.
- ISO. (2012). *Soil quality-Effectsof pollutants on earthworms. ISO-11268-1:2012 (2nd ed). Part 1:determination of acute toxicity to Eisenia fetida/ Eisenia Andrei*.
- OECD. (1984, abril). *Guidelines for the Testing of Chemicals No. 207 Earthworm Acute Toxicity Tests. Organisation for Economic Co-operation and Development*.
- Oyesiku, O., & Egunyomi, A. (2014). Identification and chemical studies of pelagic masses of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon and *S. fluitans* (Borgesen) Borgesen (brown algae), found offshore in Ondo State, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 13(10), 1188–1193. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.12335>
- Rodríguez-Martínez, R. E., Medina-Valmaseda, A. E., Blanchon, P., Monroy-Velázquez, L. V., Almázan-Becerril, A., Delgado-Pech, B., Vásquez-Yeomans, L., Francisco, V., & García-Rivas, M. C. (2019). Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic *Sargassum*. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 201–205. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.015>
- Rodríguez-Martínez, R. E., Roy, P. D., Torrecano-Valle, N., Cabanillas-Terán, N., Carrillo-Domínguez, S., Collado-Vides, L., García-Sánchez, M., & Van Tussenbroek, B. I. (2020). Element concentrations in pelagic *Sargassum* along the Mexican Caribbean coast in 2018-2019. *PeerJ*, 8, 8667. <https://doi.org/10.7717/peerj.8667>
- Tonon, T., Machado, C. B., Webber, M., Webber, D., Smith, J., Pillsbury, A., Cicéron, F., Herrera-Rodríguez, L., Jimenez, E. M., Suarez, J. V., Ahearn, M., Gonzalez, F., & Allen, M. J. (2022). Biochemical and Elemental Composition of Pelagic *Sargassum* Biomass Harvested across the Caribbean. *Phycology*, 2(1), Article 1.
- Wang, M., Hu, C., Barnes, B. B., Mitchum, G., Lapointe, B., & Montoya, J. P. (2019). The great Atlantic *Sargassum* belt. *Science*, 365(6448), 83–87. <https://doi.org/10.1126/science.aaw7912>

Desarrollo y evaluación de microgasificadores que usan pellets como biocombustibles

Jorge Emigdio Sánchez-Pólito *, Alfredo Fuentes-Gutiérrez y Raúl Tauro

Aprovechamiento Sustentable de la Bioenergía en la Industria (ASInBio), Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Morelia (IIES), Universidad Nacional Autónoma de México, Michoacán, México.

* Autor de correspondencia: jsanchez@cieco.unam.mx

Desarrollo Sustentable (Optimización de procesos energéticos)

Recibido: 21 de agosto de 2025

Aceptado: 2 de octubre de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Microgasificadores TLUD, Pellets, Biomasa residual agroforestal

Introducción. En diversos hogares rurales de América Latina prevalece el uso de fogones tradicionales e ineficientes para realizar tareas de cocinado que requieren cantidades intensivas de combustible y energía, lo que contribuye a la contaminación del aire interior en los hogares, con graves consecuencias para la salud de las personas (Medina *et al.*, 2019). La introducción de estufas y combustibles más limpios ocurre mediante un proceso de “stacking”, donde las familias que logran adoptar estufas de gas LP y/o estufas eficientes de leña tipo plancha, continúan utilizando fogones abiertos para tareas intensivas de cocinado, principalmente por el tiempo y la potencia de fuego que requieren para realizarlas, a pesar de las implicaciones en la salud y los impactos en el ambiente. La cocción del nixtamal y el calentamiento de agua para bañarse son tareas domésticas importantes realizadas en el sector rural de México que necesitan una Innovación Ecológica que sea eficiente y limpia para atenderlas. Las estufas gasificadoras de biomasa, también conocidas como microgasificadores (MG) son una de las alternativas más limpias y eficientes para cocinar con biocombustibles sólidos (BCS) (Roth, 2014). Dentro de los MG, los que presentan un funcionamiento basado en la gasificación de corriente ascendente con encendido en la parte superior (MG-TLUD) merecen especial atención debido a su potencial para reemplazar fogones abiertos y estufas de leña con potencias de fuego limitadas, en tareas intensivas de cocinado (Pradhan *et al.*, 2023). La leña y el carbón siguen siendo los BCS predominantes para cocinar en muchos hogares rurales de México. Sin embargo, dado los cambios globales relacionados con el uso insostenible de leña y carbón, el procesamiento de biomasa residual en BCS se está convirtiendo en un camino cada vez más importante para avanzar hacia economías circulares y mercados sostenibles de biomasa. Una forma sostenible de procesar la biomasa residual agroforestal en términos de eficiencia de combustión, emisiones y el uso de tecnología avanzada para la cocción doméstica, es aprovecharla en forma de pellets. El objetivo de esta investigación fue desarrollar y evaluar tres prototipos de MG-TLUD utilizando pellets como biocombustibles, con el fin de mejorar la eficiencia térmica y reducir las emisiones contaminantes durante la cocción de nixtamal en comunidades rurales.

Materiales y Métodos. La metodología implementada está conformada por trabajo documental, experimental y campo, cada una de las etapas contemplan fases que avanzan de manera secuencial, como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Diagrama de flujo que ilustra la metodología empleada en el desarrollo de los prototipos de MG-TLUD

En la primera etapa, se analizaron las formas y requerimientos energéticos para la cocción del nixtamal, definiendo como zona de estudio las comunidades rurales de Tzurumútar y Uricho. En la segunda etapa, se caracterizaron los pellets elaborados a partir de una mezcla conformada por aserrín de pino, paja de avena y viruta de madera a través de un análisis proximal, térmico y elemental. Posteriormente, se determinaron los parámetros de diseño considerando la variación y el análisis del tamaño del reactor y la relación geométrica de los orificios de aire primario y secundario para la construcción de los tres prototipos de MG-TLUD. Se implementó la evaluación y comparativa del desempeño energético y emisiones de los dispositivos mediante el protocolo descrito en la norma (ISO 19867-1, 2018) implementando pruebas de ebullición de agua (WBT), una vez obtenido los resultados se contrastaron con los niveles de rendimiento (Tier) para estufas de biomasa (ISO/TR 19867-3, 2018).

Resultados. Se realizó un prueba T de student para el análisis estadístico de los resultados, se observó una mejora significativa en la eficiencia térmica y reducción de emisiones que contribuyen a la contaminación del aire interior cuando se sustituyó la cámara de combustión tipo rocket por los MG-TLUD en la estufa Patsari Nixtamalera y significativamente cuando se comparó su rendimiento con un fogón de tres piedras ($P < 0.05$, $\alpha = 0.05$). El P3-Chupiri alcanzó los niveles de rendimiento más altos, como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de desempeño de los dispositivos evaluados.

Dispositivo	Categoría	Parámetro de desempeño	Unidad	Comparativa Resultados	Tier
P1-Misiri	Energía	Eficiencia térmica	%	50.60 ± 1.3	5
	Emisiones	Factores de emisión de CO	g/MJ _d	0.05 ± 0.02	5
	Emisiones fugitivas	Factores de emisión de PM _{2.5}	mg/MJ _d	4.69 ± 2.85	5
P2-Jimbani	Energía	Eficiencia térmica	%	42.70 ± 0.6	4
	Emisiones	Factores de emisión de CO	g/MJ _d	0.01 ± 0.007	5
	Emisiones fugitivas	Factores de emisión de PM _{2.5}	mg/MJ _d	3.12 ± 0.78	5
P3-Chupiri	Energía	Eficiencia térmica	%	51.40 ± 0.7	5
	Emisiones	Factores de emisión de CO	g/MJ _d	0.02 ± 0.002	5
	Emisiones fugitivas	Factores de emisión de PM _{2.5}	mg/MJ _d	4.99 ± 3.09	5
Cámara tipo Rocket	Energía	Eficiencia térmica	%	33.20 ± 1.5	3
	Emisiones	Factores de emisión de CO	g/MJ _d	0.32 ± 0.06	5
	Emisiones fugitivas	Factores de emisión de PM _{2.5}	mg/MJ _d	31.05 ± 8.15	4
Fogón de tres piedras	Energía	Eficiencia térmica	%	15.50 ± 1.4	1
	Emisiones	Factores de emisión de CO	g/MJ _d	13.73 ± 2.09	1
	Emisiones fugitivas	Factores de emisión de PM _{2.5}	mg/MJ _d	969.17 ± 77.54	1

Nota: Variabilidad expresada como ± 1 desviación estándar para cinco repeticiones en cada dispositivo.

Conclusiones. Los MG-TLUD que utilizan pellets de biomasa residual agroforestal como BCS pueden ser una alternativa de cocción eficiente y limpia para realizar tareas de cocción doméstica que requieren un alto consumo energético.

Bibliografía.

- ISO 19867-1. (2018). Clean cookstoves and clean cooking solutions—Harmonized laboratory test protocols—Part 1: Standard test sequence for emissions and performance, safety and durability.
- ISO/TR 19867-3. (2018). Clean cookstoves and clean cooking solutions—Harmonized laboratory test protocols—Part 3: Voluntary performance targets for cookstoves based on laboratory testing.
- Medina, P., Berrueta, V., Cinco, L., Ruiz-García, V., Edwards, R., Olaya, B., Schilman, A., & Masera, O. (2019). Understanding Household Energy Transitions: From Evaluating Single Cookstoves to “Clean Stacking” Alternatives. *Atmosphere*, 10(11), 693. <https://doi.org/10.3390/atmos10110693>
- Pradhan, P., Deore, S. P., Gadkari, P., Arora, A., & Mahajani, S. M. (2023). Field evaluation of biomass gasifier for bioenergy application: Case studies on institutional cooking in India. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 59, 103409. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103409>
- Roth, C. (2014). Micro-gasification: Cooking with gas from dry biomass. *Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ)*.

Desarrollo de un biofertilizante a partir de *Pontederia crassipes*: una estrategia agroecológica para la región Huasteca, México

Nilda Edith Medellín-Castillo ^{1,*}, María Graciela Hernández-y Orduña ¹ y Cynthia Wong-Argüelles ²

¹ Laboratorio, Departamento, El Colegio de Veracruz, Xalapa de Enríquez, Veracruz, México

² Laboratorio de Monitoreo e Investigación Ambiental, Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles, Ciudad Valles, S.L.P., México

* Autor de correspondencia: mcastillone.ddrs24@colver.info; Tel.: 4811222253

Desarrollo Sustentable (Bioprocesos)

Recibido: 21 de agosto de 2025 Aceptado: 2 de octubre de 2025 Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: biomasa vegetal, digestión anaeróbica, fitotoxicidad, plantas acuáticas

Introducción. La región Huasteca de San Luis Potosí enfrenta una creciente problemática ambiental debido a la proliferación de plantas acuáticas invasoras como *Pontederia crassipes*, esta especie, asociada a un manejo inadecuado de los recursos hídricos, genera impactos negativos en los ecosistemas, la agricultura, la pesca y el turismo (Jabardo Pereda y Padilla y Sotelo 2016; Jain & Kalamdhad, 2018). Su control convencional implica altos costos y procesos poco sostenibles (SENASA, 2019; Wersal & Madsen, 2012). Estudios previos han demostrado que estas biomásas poseen potencial para la obtención de biofertilizantes y biogás, favoreciendo la economía circular y la agricultura sostenible (FAO, 2012). El presente estudio propone el aprovechamiento de esta planta mediante digestión anaeróbica en un biodigestor semicontinuo, con el objetivo de producir biofertilizante accesible.

Materiales y Métodos. Se recolectaron muestras de la especie *Pontederia crassipes* en distintos puntos de la Huasteca Potosina, aplicando un muestreo sistemático para garantizar la representatividad del material vegetal. La biomasa obtenida fue sometida a un proceso de pretratamiento que incluyó lavado con agua limpia, pesado y embolsado para su posterior utilización. Se diseñó y aplicó una formulación propia, en la cual la planta fue combinada con materia orgánica la cual correspondió de 1:50 para lirio acuático, 1:10 para excreta de vaca, 1:3 para melaza, 1:2 para suero de leche y 1:55 para agua, lo que permitió homogenizar el sustrato para el proceso de digestión anaerobia.. Se empleó como sustrato para alimentar el biodigestor semicontinuo construido las condiciones registradas de pH fueron de 7.6 así como su temperatura inicial de 21.6.°C. La producción de biofertilizante líquido (biol) se evaluó durante un periodo de 90 días, incluyendo análisis fisicoquímicos y ensayo de fitotoxicidad (índice de germinación) en maíz y frijol se realizaron por triplicado . Se enviaron muestras del biol a un laboratorio acreditado (Fertilab) para su caracterización y validación de calidad, garantizando la confiabilidad de los resultados.

Resultados. La Tabla 1 revela que el biol obtenido presenta un pH ligeramente ácido (5.75), lo que podría favorecer la disponibilidad de micronutrientes pero limitar la de fósforo. La conductividad eléctrica (13.7 dS/m) es elevada, lo que indica alta concentración de sales solubles y sugiere la necesidad de dilución antes de la aplicación para evitar daños por estrés osmótico en las plantas. Los macronutrientes, en el potasio (0.21 %) y calcio (0.37 %) son los más relevantes, contribuyendo al fortalecimiento de paredes celulares .El contenido de nitrógeno (0.09 %) y fósforo (0.01 %) es bajo, por lo que el biol funcionaría mejor como un complemento que como fuente única de nutrientes. Para los micronutrientes, el manganeso (44 mg/L) y el hierro (11 mg/L) destacan como elementos clave para la fotosíntesis y el metabolismo vegetal, acompañados de niveles adecuados de zinc y boro.La relación C/N de 9.34 muestra que el producto está en fase avanzada de mineralización, lo cual implica una liberación rápida de nutrientes presentando valores acordes con los reportados en la

literatura sobre digestión anaerobia de macrófitas acuáticas (Chojnacka *et al.*, 2024). La elevada conductividad y la fitotoxicidad observada en la Tabla 2 mostró que el frijol es más sensible que el maíz. En todos los casos el índice de germinación (IG) estuvo por debajo del 80% y, en la mayoría, por debajo del 50%, confirmando un fuerte efecto inhibitorio incluso a bajas concentraciones.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del biol obtenido a partir de *Pontederia crassipes* (Fertilab, 2025).

Categoría	Parámetro	Resultado	Rango de referencia
pH y salinidad	pH	5.75	6.0 – 7.5
	Conductividad eléctrica	13.7	< 4.0
Macronutrientes	Nitrógeno total (%)	0.09	0.1 – 0.5
	Fósforo (%)	0.01	0.01 – 0.05
	Potasio (%)	0.21	0.1 – 0.3
	Calcio (%)	0.37	0.2 – 0.5
Micronutrientes	Hierro (mg/L)	11.0	5 – 15
	Manganeso (mg/L)	44.0	20 – 50
	Zinc (mg/L)	1.21	0.5 – 2
	Boro (mg/L)	1.70	0.5 – 2
Relación C/N	Relación C/N	9.34	8 – 15

Tabla 2. Porcentaje de índice de germinación (IG %) en frijol y maíz expuestos a diferentes concentraciones del extracto (2.5, 5, 10, 25 y 50%).

Semillas	Control	2.5/100	5.0/100	10/100	25/100	50/100
Frijol	33,00	26,67	18,33	23,33	23,33	15,00
Maíz	60,00	33,00	45,00	45,00	26,67	20,00

Conclusiones . La digestión anaeróbica de *Pontederia crassipes* en un biodigestor semicontinuo permitió obtener un biofertilizante líquido con características nutricionales aprovechables. Se requiere un manejo técnico adecuado, como dilución previa o su mezcla con otros insumos orgánicos, para mitigar posibles efectos fitotóxicos en los cultivos. Este enfoque no solo contribuye al control sustentable de especies invasoras, sino que también promueve la transición hacia sistemas agrícolas más sostenibles en la región de la Huasteca Potosina.

Bibliografía.

- Chojnacka, K., & Moustakas, K. (2024). Anaerobic digestate management for carbon neutrality and fertilizer use: A review of current practices and future opportunities. *Biomass and Bioenergy*, 180, 106991. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106991>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012). *Aquatic plants: Their uses and risks. A review of the global status of aquatic plants*. FAO.
- Jabardo Pereda, V., & Padilla y Sotelo, LS (2016). La escasez de agua en la Huasteca Potosina (México): conflictos locales. *Revista Universitaria de Geografía* , 25 (2), 133-165.
- Jain, M. S., & Kalamdhad, A. S. (2018). A review on management of *Hydrilla verticillata* and its utilization as potential nitrogen-rich biomass for compost or biogas production. *Bioresource Technology Reports*, 1, 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2018.03.001>
- Servicio Nacional de Calidad Agroalimentaria. (2019). *Base de datos del Registro Nacional de Productores Agropecuarios* (Centro Regional Patagonia Norte). SENASA.
- Wersal, R. M., & Madsen, J. D. (2012). Aquatic plants: Their uses and risks. In *International Plant Protection Convention*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., & De Bertoli, M. (1981). Evaluación de la toxicidad en compost inmaduro. *Biociclo*, 22, 54–57.

Análisis del potencial biofotovoltaico de *Nannochloropsis oculata* en cultivo por lotes

Manuel Castro Varela ¹, Jesús García Pereyra ³, Leonardo Ibarra-Castro ⁴, Juan Manuel Martínez-Brown ⁵ y Angel Rojo-Cebreros ^{2,*}

¹ División de Ingeniería en Acuicultura, TecNM—Instituto Tecnológico de Tlatlauquitepec, Tlatlauquitepec, 73680, México; Manuel_1cv@hotmail.com

² Facultad de Ciencias, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, UNAM, Puerto de Abrigo s/n, Sisal 97356, Mpo., Hunucmá, Yucatán, México.

³ Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana (ITVG). Km. 22.5 Carretera Durango-México, Villa Montemorelos, Dgo. C.P. 34371.

⁴ Program in Fisheries and Aquatic Sciences, School of Forest, Fisheries, and Geomatics Sciences, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 7922 Northwest 71st Street, Post Office Box 110600, Gainesville, Florida 32611, USA. Whitney Laboratory for Marine Bioscience; 9505 Oceanshore Blvd, St Augustine, Florida, 32080, USA.

⁵ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. (CIAD) Unidad Mazatlán, Mazatlán, México.

* Autor de correspondencia: angel.rojo@ciencias.unam.mx

Energías Renovables (Biofotovoltaica)

Recibido: 14 de agosto de 2025 Aceptado: 2 de octubre de 2025 Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: BFV: Biofotovoltaica; FQ: Físicoquímicas; ES: Estadística; EE: Energía eléctrica; CEF: Consumo energético final; ER: Energías renovables

Introducción. El crecimiento poblacional y el uso intensivo de combustibles fósiles han incrementado la demanda de energía eléctrica, generando problemas ambientales globales. Por ello, se busca alternativas sostenibles como los sistemas biofotovoltaicos (BFV), que utilizan organismos con capacidad de realizar la fotosíntesis. Las microalgas destacan por su eficiencia en el transporte de electrones, se establece como alternativa en la producción de energía eléctrica por su rápido crecimiento y alta eficiencia fotosintética (De La Cruz Noriega *et al.*, 2021, Bombelli *et al.*, 2022). Este trabajo analiza la correlación de la densidad celular de *N. oculata* en la generación de bioelectricidad en un sistema biofotovoltaico por lotes (Tabla 1).

Tabla 1. Relación entre la densidad celular y la producción bioeléctrica (BFVs).

Microalga	DE	Días	DC	Ref.
<i>C. vulgaris</i>	0.282 V	5	6×10^7 y 4×10^8 Cel. $100 \mu\text{L}^{-1}$	Thorne <i>et al.</i> (2011)
<i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803	100 mW/m ²	1	Clorofila 100 μM (< 400 nL).	Bombelli <i>et al.</i> (2014)
<i>C. vulgaris</i>	0.20 mA/m ² , 68.2 mV, 396 Ω	12	8.0 g L ⁻¹	De Caprariis <i>et al.</i> 2014
<i>C. reinhardtii</i>	600 μA	2	20×10^3	Anderson <i>et al.</i> (2016).

DE: Densidad Eléctrica: mW, mA, mV, μA , V. DCD: Densidad celular por día: $\times 10^6$ Cel. mL^{-1} día⁻¹.

Materiales y Métodos. El estudio se llevó a cabo en el centro de investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Mazatlán. Se utilizó la cepa *N. oculata* CIB 76 del CIBNOR. Los cultivos por lotes se establecieron en contenedores traslucidos de Polietileno Tereftalato (PET) modelo T110 (alto 25.3 y ancho 14.9 cm). Como medio de cultivo se utilizó f/2 (Guillard & Ryther, 1962) y agua de mar a 35 g L⁻¹. Se evaluaron las variables físicoquímicas como temperatura, pH y Kilolux (klx). La concentración celular se determinó con un hematocitómetro (profundidad 0.1 mm) y microscopio (Leica modelo CME). El sistema experimental biofotovoltaico estuvo conformado por cuatro contenedores, tres de ellos se utilizaron para el cultivo individual (microalga -tratamiento) y el cuarto para el control (agua marina).

Desempeño Biofotovoltaico (BPV): El desempeño eléctrico se estableció a partir de la fase logarítmica hasta la fase exponencial *N. oculata*. Se establecieron trece mediciones a lo largo del cultivo, cada 24 horas. Las fórmulas para determinar la energía biofotovoltaica fueron las siguiente: El voltaje: $V = P / I$. Potencia Watts: $P = R \times I^2$. Energía acumulada Julios: $E = P \times T$. Para determinar peso seco se estableció la metodología propuesta por Ratha *et al.* (2016). Con el fin de calcular la energía potencial de la biomasa seca, se realizaron los siguientes cálculos: Estimación de la energía térmica (kJ) y (kWh). $E = \text{masa seca (g)} \times \text{promedio calórico de microalgas (16.8 kJ/g)}$

(Schenk *et al.*, 2008). Energía térmica (kWh) = (Energía térmica (kJ) / 3600 (Tipler *et al.*, 2007, Newell *et al.*, 2019) (Figura 1).

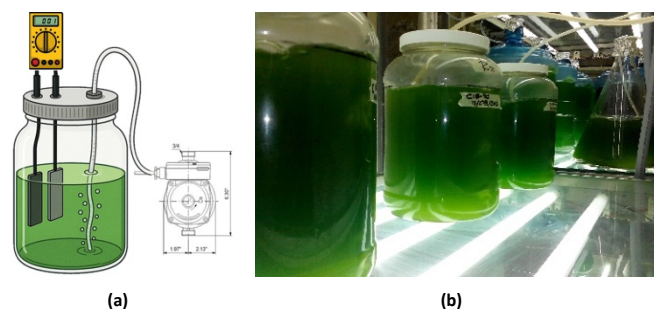


Figura 1. Sistema BPV: a) Conexión de electrodos (tipo I: aluminio y acero inoxidable), aireación bomba de 1/16 HP y voltímetro digital modelo RS232C MUL-600. b) Cultivo individual y control.

Análisis estadísticos: Se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, correlación de Pearson y regresión lineal múltiple para evaluar el efecto conjunto sobre la producción bioeléctrica. Asimismo, se optó por un análisis de medidas repetidas y una prueba t para muestras independientes.

Resultados y Discusión: Durante los trece días de evaluación del sistema se generó una concentración de $91 \pm 43 \times 10^6$ Cel. mL^{-1} con una potencia máxima de $124 \pm 95 \times 10^3 \mu\text{W}$, $1.23 \pm 1 \times 10^3 \mu\text{V}$ y $14.24 \pm 6.1 \times 10^3 \mu\text{J}$. La relación de la tensión, potencia y energía acumulada en el sistema BFV muestra un comportamiento inicialmente no lineal con una pendiente creciente que se estabiliza conforme la tensión supera los $0.6 \pm 0.03 \mu\text{V}$, sugiriendo una mejora en la eficiencia de conversión bioeléctrica. cada incremento de $1 \times 10^{-3} \mu\text{V}$, la potencia se incrementa aproximadamente $100 \pm 18 \mu\text{W}$ con una acumulación de energía menor a $12 \mu\text{J}$. Por su parte Thong *et al.* (2022) reporta una potencia en su fase exponencial de $0.019 \pm 0.002 \mu\text{W m}^2$ con una densidad celular de $25 \pm 15 \times 10^6$ Cel. mL^{-1} . Cabe mencionar la importancia de la permanencia de los electrodos en el cultivo para garantizar la formación de biofilms (Bombelli *et al.*, 2012) la mayoría de estos materiales (tipo I) suelen tener una superficie lisa, lo que limita la adhesión de microalgas. Por su parte Anderson *et al.* (2016) indica que no solo los biofilms ayuda al transporte de los electrones si no que indica que la enzima NADPM oxidasa, presente en la membrana plasmática junto con el oxígeno ayudan en la conformación del anión superóxido este contribuye como intermediario en la exportación de electrones hacia el medio extracelular (Figura 2).

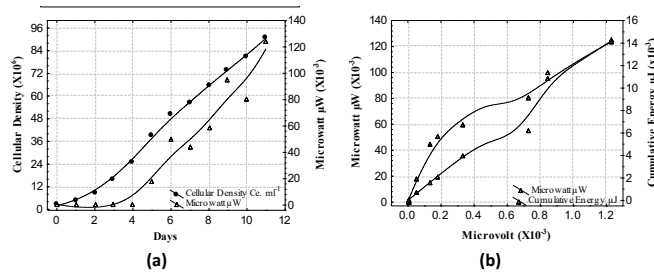


Figura 2. a) Cinética de crecimiento de *N. oculata* en sistemas por lotes; b) Generación de energía biofotovoltaica, tensión (μV), potencia (μW) y energía acumulada (μJ).

Conclusiones: La regresión estadística muestra que aumentos mínimos en voltaje pueden traducirse en incrementos significativos en potencia, siempre que se mantenga la división celular y la actividad fotosintética de *N. oculata* en el sistema. Su viabilidad radica en su capacidad de liberar electrones. En este contexto, el voltaje registrado en el presente estudio constituye evidencia del acoplamiento bioeléctrico entre la microalga y el electrodo. Sin embargo, la energía acumulada en el sistema sugiere que una porción significativa de los electrones generados durante la fotosíntesis no se transfiere al ánodo, sino que se pierde en el medio o se redirige hacia rutas metabólicas no electrogénicas. La aplicación de esta tecnología se establece en optimizar el diseño de los electrodos y el área de contacto del cultivo (biofilms), con el objetivo de incrementar la tensión y la potencia y reducir la energía acumulada. Por consiguiente, esta microalga se establece como una alternativa prometedora en la producción de bioenergía sostenible bajo condiciones controladas.

Bibliografía.

- Anam, M., Gomes, H. I., Rivers, G., Gomes, R. L., & Wildman, R. (2021). Evaluación de materiales fotoanódicos utilizados en sistemas biofotovoltaicos para la generación de energía renovable. *Energía y Combustibles Sostenibles*, 5(17), 4209-4232. <https://doi.org/10.1039/D1SE00396H>
- Bombelli, P., Savanth, A., Scarampi, A., Rowden, S. J., Green, D. H., Erbe, A., ... & Howe, C. J. (2022). Powering a microprocessor by photosynthesis. *Energy & Environmental Science*, 15(6), 2529-2536. <https://doi.org/10.1039/D2EE00233G>
- Bombelli, P., Savanth, A., Scarampi, A., Rowden, S. J., Green, D. H., Erbe, A., ... & Howe, C. J. (2022). Powering a microprocessor by photosynthesis. *Energy & Environmental Science*, 15(6), 2529-2536. <http://dx.doi.org/10.1039/d2ee00233g>
- De La Cruz Noriega, M., Rojas-Flores, S., Quiroz de la Cruz, J., Carranza Vigo, C., Zavaleta Portilla, S., Cabanillas-Chirinos, L., & Angelats-Silva, L. (2021). Generación de energía eléctrica mediante un fotobiorreactor con microalgas "*Chlorella sp.*". LACCEI Inc. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.127>
- Ratha, S. K., Rao, P. H., Govindaswamy, K., Jaswin, R. S., Lakshmi Devi, R., Bhaskar, S., & Chinnasamy, S. (2016). A rapid and reliable method for estimating microalgal biomass using a moisture analyser. *Journal of Applied Phycology*, 28(3), 1725-1734.
- Thong, C. H., Ng, F. L., Periasamy, V., Basirun, W. J., Kumar, G. G., & Phang, S. M. (2023). Sustained power output from an algal biophotovoltaic (BPV) platform using selected marine and freshwater microalgae. *Journal of Applied Phycology*, 35(1), 131-143. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02879-9>

Síntesis verde por microondas y optimización MSR-DCC de un hidrogel superabsorbente basado en goma de xantana

Ulises Velasco Lozano ^{1,*}, Raúl Ávila Sosa Sánchez ², Ricardo Munguía Pérez ³, María Elena Ramos Cassellis ⁴, Anabella Handal Silva ⁵ y María Teresa Zayas Pérez ^{1,*}

¹Centro de Química, Posgrado en Ciencias Ambientales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México.

²Departamento de Bioquímica-Alimentos, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México.

³Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México.

⁴Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México.

⁵Departamento de Biología y Toxicología de la Reproducción, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México.

* Autor de correspondencia: teresa.zayas@correo.buap.mx, vl224570201@alm.buap.mx

Desarrollo Sustentable (Materiales Sustentables)

Recibido: 22 de agosto de 2025

Aceptado: 2 de octubre de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: hidrogeles, polisacáridos, hinchamiento, polimerización

Introducción. Los hidrogeles superabsorbentes (HSA) son polímeros reticulados que conforman una red tridimensional entrecruzada mediante enlaces físicos y/o químicos, caracterizados por su notable capacidad para absorber grandes volúmenes de agua (Ghobashy, 2018). Los HSA sintetizados a partir de polímeros de origen natural como la goma de xantana y el agar presentan propiedades significativas, tales como biodegradabilidad, renovabilidad y nula o baja toxicidad, (Darban *et al.*, 2022). La síntesis verde asistida por irradiación de microondas favorece un menor tiempo de síntesis, calentamiento homogéneo y no genera subproductos. El objetivo principal de este trabajo consistió en la síntesis por microondas de un HSA basado en goma de xantana y agar y la optimización aplicando la metodología de superficie de respuesta-diseño central compuesto (MSR-DCC).

Materiales y Métodos. Goma de xantana grado reactivo (GXGR), grado alimenticio (GXGA) y Agar-Agar (AA). Se sintetizó el hidrogel mediante la mezcla de las gomas, acrilamida (Am), N,N-Metilenbisacrilamida (MBA) y persulfato de potasio (KPS), todos grado reactivo en un volumen de 100 mL de agua desionizada. El proceso de polimerización se llevó a cabo en un horno de microondas marca General Electronic. Los hidrogeles fueron purificados lavados con agua desionizada hasta obtener un valor de pH 7. Se utilizó un deshidratador de alimentos marca Excalibur para la obtención de xerogeles. La síntesis de HSA se optimizó utilizando el software Design Expert 10 mediante la metodología de superficie de respuesta (MSP) con un diseño central compuesto (DCC) y un total de 28 experimentos, modificando 4 variables clave (tiempo de irradiación, concentración de agente entrecruzante, iniciador y monómero) en tres niveles (bajo, medio y alto) y como respuesta el porcentaje de hinchamiento (PH). Los valores de los intervalos, así como los niveles codificados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables y niveles experimentales

Variables	Unidades	Niveles		
		-1	0	1
Tiempo	s	70	80	90
Iniciador	mol/L (10^{-3})	8.84	9.95	11.1
Monómero	mol/L (10^{-3})	28.6	32.8	37
Entrecruzante	mol/L (10^{-3})	2.79	2.98	3.18

Resultados. De acuerdo con los resultados, se sintetizaron HSA a partir de GXGR y GXGA con un máximo PH de 6623 y 6566 %, respectivamente. Por lo anterior, se decidió utilizar GXGA para la síntesis de los HSA (menor costo del proceso). Los PH de los hidrogeles obtenidos son 2.03 y 5.9 veces mayores en comparación con los realizados por Sethi *et al.* (2020) y Meena *et al.* (2023), respectivamente. Se realizaron un total de 28 experimentos aplicando el diseño central compuesto (DCC) centrado en las caras

con un total de 4 variables (tiempo, MBA, KPS y Am). Se evaluó el efecto individual de cada variable modificando su nivel (ver Tabla 1) manteniendo las otras variables constantes en el nivel 0. Los resultados se presentan en la Figura 1. Con respecto al tiempo, a un nivel alto (+) se favorece el PH. Las variables KPS y MBA propician un aumento en el PH en el nivel central (0). La Am mejora el PH al nivel bajo (-).

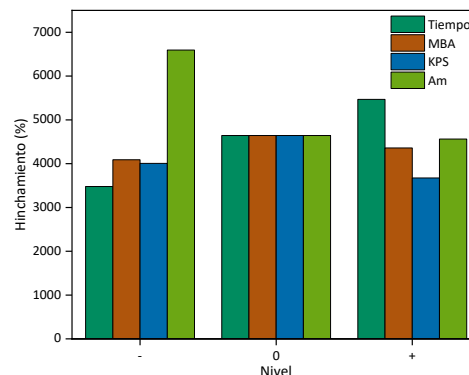


Figura 1. Efecto de las variables de síntesis en el PH

De acuerdo a lo anterior, la modificación de las variables de síntesis afecta de manera directa el PH de los HSA. La optimización del proceso se realizó contemplando las 4 variables anteriormente mencionadas y los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2 Condiciones óptimas de síntesis

Variables	Tiempo	MBA	KPS	Am
Unidades	s	mol/L (10^{-3})	mol/L (10^{-3})	mol/L (10^{-3})
	86.27	2.97	10.14	28.6

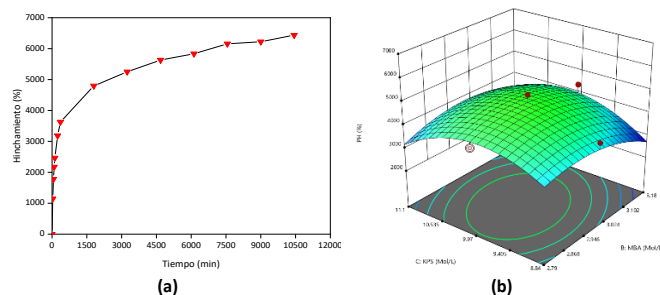


Figura 2 a) Cinética de hinchamiento del HSA a condiciones óptimas b) gráfica 3D de superficie de respuesta mostrando la interacción KPS-MBA

De acuerdo a los resultados del ANOVA, Se presentó significancia ($p < 0.05$) con las variables tiempo (0.0077), Am (0.0038), MBA-KPS (0.0354), KPS^2 (0.0059) y Am^2 (0.0172). El mayor PH obtenido a partir

de la cinética de hinchamiento del hidrogel en condiciones óptimas fue: 6437 % de acuerdo a la Figura 2a). En la Figura 2b) se observa que el incremento en la concentración de KPS y MBA favorece el PH. Por otro lado, a concentraciones altas, el proceso de síntesis es afectado de manera negativa, disminuyendo el PH.

Conclusiones. Los hidrogeles sintetizados a partir de GXGA fueron obtenidos. Se demostró que el método RSM-CCD es un método eficiente para optimizar las 4 variables clave de síntesis con un total de 28 experimentos realizados para maximizar el PH. De acuerdo al ANOVA, el tiempo y la concentración de Am presentan el mayor impacto en el PH. Las condiciones óptimas de síntesis fueron: 86.27 s de tiempo, 2.97×10^{-3} mol/L MBA, 10.14×10^{-3} mol/L KPS y 28.6×10^{-3} mol/L Am con un PH de 6437 % al emplear la GXGA.

Los hidrogeles a partir de GXGA podrían ser candidatos propicios para ser usados en distintas áreas como la agricultura, tratamiento de aguas, entre otros.

Bibliografía.

- Darban, Z., Shahabuddin, S., Gaur, R., Ahmad, I., & Sridewi, N. (2022). Hydrogel-Based Adsorbent Material for the Effective Removal of Heavy Metals from Wastewater: A Comprehensive Review. *Gels*, 8(5), 263. <https://doi.org/10.3390/gels8050263>
- Ghobashy, M. M. (2018). Superabsorbent. En H. Sajjad & H. Adnan (Eds), *Hydrogels* (45-67). Intech.
- Meena, P., Singh, P., & Warkar, S. G. (2023). Fabrication and evaluation of stimuli-sensitive xanthan gum-based hydrogel as a potential carrier for a hydrophobic drug ibuprofen. *Colloid & Polymer Science*, 302(3), 377-391. <https://doi.org/10.1007/s00396-023-05198-8>
- Sethi, S., Saruchi, N., Kaith, B. S., Kaur, M., Sharma, N., & Kumar, V. (2020). Cross-linked xanthan gum–starch hydrogels as promising materials for controlled drug delivery. *Cellulose*, 27(8), 4565-4589. <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03082-0>

Evaluación de la eficiencia de un sistema de humedal con hidrochar de residuos cítricos en el tratamiento de aguas residuales piloncilleras

Arely González-Serrano, Ofelia Landeta-Escamilla *, Norma Alejandra Vallejo-Cantú, Alejandro Alvarado-Lassman, Angel de Jesús Trujillo-Pacheco, Erik Samuel Rosas-Mendoza

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México /Instituto tecnológico de Orizaba, Colonia Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz, México
* Autor de correspondencia: M16010539@orizaba.tecnm.mx

Desarrollo Sustentable (Humedales naturales y construidos)

Recibido: 22 de agosto de 2025 Aceptado: 2 de octubre de 2025 Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Humedales construidos, hidrochar, tratamiento de aguas residuales piloncilleras

Introducción. Los humedales construidos (HC) son ecotecnologías basadas en el comportamiento de los humedales naturales (HN) en cuanto a su capacidad de fitorremediación (El Barkaoui, et al., 2023). La remediación de las aguas residuales en estos sistemas se lleva a cabo por medio de la interacción entre plantas, sustratos y la acción de los microorganismos (Younas, et al., 2022). El uso de hidrochar como sustrato en los HC favorece la adsorción de materia orgánica presente en aguas residuales, debido a la presencia grupos funcionales ubicados en la superficie del hidrochar, principalmente cetonas y grupos COOH e hidroxilo (Masoumi, et al., 2021). Los RC son biomasa con alto contenido de humedad y el proceso de carbonización hidrotérmica (CHT) es una alternativa para la conversión de este tipo de biomasa sin necesidad de someterla a un proceso de secado previo, una característica importante del hidrochar de residuos cítricos es la capacidad de intercambio catiónico (14.4 cmol/Kg) favoreciendo el intercambio de nutrientes con las plantas (Nava Pacheco, et al., 2022).

Materiales y Métodos. Se construyeron y monitorearon dos celdas de humedales construidos durante un periodo de 123 días, fueron identificados como C1 (celda con hidrochar) y C2 (celda sin hidrochar) ambas celdas fueron llenadas de manera intercalada con piedra caliza y tezontle rojo como medios de filtración. Las dos celdas fueron ubicadas en un vivero dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Orizaba.

Cada celda fue configurada con un sistema de flujo subsuperficial horizontal con policultivo de *Typha latifolia*, *Spathiphyllum wallisii* R. y *Canna indica*, en cada celda se suministraron 20 L de agua residual de la industria piloncillera manteniendo el tiempo de residencia hidráulica de 3 días. Durante los 123 días de experimentación se monitoreó la especie *Typha latifolia* en las dos celdas, *Spathiphyllum wallisii* R. (57 días de monitoreo) y *Canna indica* (66 días de monitoreo). El hidrochar adicionado a la C1 se realizó a partir de residuos sólidos de naranja (RSN) a condiciones de operación de 180°C por 3 h.

En la Tabla 1 se presenta la caracterización fisicoquímica de las muestras obtenidas a la salida de las celdas

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos evaluados al agua de salida

Determinación	Métodos de prueba
ST y SV	Método estándar 2540 G
DQO _T y DQO _S	Método colorimétrico 5220D Standard Methods
pH	Potenciométrico 4500-H+B Standard Methods

Resultados. Las celdas fueron alimentadas con agua residual de la industria piloncillera. En la Tabla 2 se muestra la caracterización fisicoquímica del agua, se puede observar que el valor de DQO_T fue de 301 g DQO/L por lo que fue necesario realizar una dilución a 1 g DQO/L para evitar la saturación del sistema.

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica del agua residual de piloncillo

Determinación	Resultado obtenido
% ST ---	15.52
% SV---	87.27
DQOT (g/L)	301.2
DQOS (g/L)	268.5

A partir de la concentración inicial (1 g DQO/L) se evaluó la remoción del sistema en la C1 y C2. Durante los primeros 63 días se observó un incremento en el valor de DQO_T para la C1, relacionado con la materia orgánica liberada por el hidrochar al estar en contacto con el agua (Colin, et al., 2025), los valores DQOs fueron disminuyendo a partir del día 27 hasta alcanzar la primera remoción el día 69. En la C2 hubo incremento en los valores de DQO_T durante 39 días, esto pudo deberse a la presencia de materia orgánica externa la cual puede influir en el incremento de DQO_T y DQO_S durante el periodo de adaptación (Lin, et al., 2023).

Mediante la prueba de Fisher se realizó el análisis de la eficiencia de remoción de DQO en las celdas utilizando como variables de respuesta la C1 y C2 mediante el programa Minitab 18. En las Figuras 1 y 2 se observa que la remoción de DQO_T y DQO_S en las dos celdas no fue significativamente diferente a partir del día 72, alcanzando remoción máxima de 81 % y 82 % en la C1 y C2 respectivamente en DQO_T y en DQO_S 79 % en la C1 y 71 % en C2.

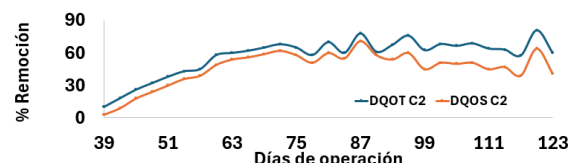


Figura 1. Porcentaje de remoción en DQO_T y DQO_S de la C1

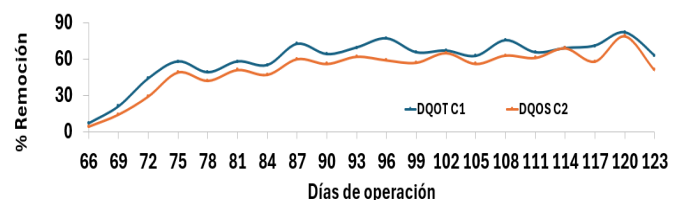


Figura 2. Porcentaje de remoción en DQO_T y DQO_S de la C2

Conclusiones. Con los resultados obtenidos durante el monitoreo se realizó un análisis de varianza y no se encontró diferencia significativa en ambas celdas, lo que indica que el sistema implementado con hidrochar es capaz de alcanzar porcentajes de remoción similares a los sistemas convencionales. La eficiencia de la celda con hidrochar alcanzó una remoción máxima de 81 % de DQO_T mostrando un comportamiento similar a los estudios realizados por (Nguyen, et al., 2020; Odedishemi Ajibade, et al., 2020) en HC de flujo vertical con

adición de biocarbón donde las remociones de DQO alcanzaron porcentajes de 73 % y 89 % respectivamente. Además, la presencia de hidrochar favoreció el crecimiento de las especies ornamentales, especialmente de *Canna indica*. Estos resultados abren la posibilidad de continuar investigando el comportamiento del hidrochar en sistemas de HC y mejorar la eficiencia.

Bibliografía.

- Colin, J., Sarrion, A., Diaz, E., de la Rubia, M., & Mohedano, A. (2025). Ecotoxicity assessment of hydrochar from hydrothermal carbonization of biomass waste. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 44(101909), <https://doi.org/10.1016/j.scp.2025.101909>.
- El Barkaoui, S., Mandi, L., Aziz, F., Del Bubba, M., & Ouazzani, N. (2023). A critical review on using biochar as constructed wetland substrate: Characteristics, feedstock, design and pollutants removal mechanisms. *Ecological Engineering*, 190(106927), <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.106927>.
- Lin, Y., Lu, X., Zhao, M., Ding, X., LV, H., Wang, L., & Wu, L. (2023). The impact of external plant carbon sources on nitrogen removal and microbial community structure in vertical flow constructed wetlands. *Frontiers in Environmental Science*, 11(1233422), <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1233422>.
- Masoumi, S., Babu Borugadda, V., Nanda, S., & K. Daila, A. (2021). Hydrochar: A review on its production technologies and applications. *Catalysts*, 11(939), <https://doi.org/10.3390/catal11080939>.
- Nava Pacheco, D., Landeta Escamilla, O., Reyes Benitez, A., Vallejo Cantú, N. A., Alvarado Lassman, A., & Rosas Mendoza, E. (2022). Application of hydrochar obtained from solid citrus waste as an improver of physicochemical properties in degraded soils. *Tendencias en Energías Renovables y Sustentabilidad*, 1(1), 236-244, <https://doi.org/10.56845/terys.v1i1.191>.
- Nguyen, C. X., Tran Phuong, T. C., Hoan Hoang, V., Phuong Nguyen, T., Woong Chang, S., Duc Nguyen, D., . . . Vu Bach, Q. (2020). Combined biochar vertical flow and free- water surface constructed wetland system for dormitory sewage treatment and reuse. *Science of The Total Environment*, 713(136404), <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136404>.
- Odedishemi Ajibade, F., Wang, H.-C., Guadie, A., Fausat Ajibade, T., Ying-Ke, F., Adeel Sharif, H., . . . Wang, A.-J. (2020). Total nitrogen removal in biochar amended non-aerated vertical flow constructed wetlands for secondary wastewater effluent with low C/N ratio: Microbial community structure and dissolved organic carbon release conditions. *Bioresource Technology*, 322(124430), <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124430>.
- Younas, F., Khan Niazi, N., Bibi, I., Afzal, M., Hussain, K., Shahid, M., . . . Bundschuh, J. (2022). Constructed wetlands as a sustainable technology for wastewater treatment with emphasis on chromium-rich tannery wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 422(126926), <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126926>.

Hidrólisis fisicoquímica sobre el endocarpio de vaina de mezquite para la obtención de azúcares fermentables

Silvana Vázquez-Maldonado ^{1,*}, Alejandro Téllez-Jurado ¹ y Rogelio Pérez-Cadena ²

¹ Laboratorio de Aprovechamiento Integral de Recursos Bióticos, Universidad Politécnica de Pachuca, Zempoala 43830, Hidalgo, México

² Ingeniería en Energía, Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Toluca 43860, Hidalgo, México

* Autor de correspondencia: silvazquez@micorreo.upp.edu.mx; Tel.: +52 771 434 6559

Energías Renovables (Biomasa)

Recibido: 22 de agosto de 2025

Aceptado: 2 de octubre de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Hidrólisis; endocarpio; fisicoquímico; azúcares reductores

Introducción. La biomasa es una fuente de energía renovable que utiliza materia orgánica proveniente de plantas, animales o microorganismos (Stephen & Periyasamy, 2017). La biomasa lignocelulósica está conformada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina (Fiala & Nonini, 2018). Su clasificación puede ser: primera generación (cultivos alimenticios), segunda generación (residuos) y tercera generación (algas) (Nanda *et al.*, 2018). Uno de los biocombustibles derivados de la biomasa lignocelulósica es el bioetanol; para su obtención, es necesario liberar los azúcares fermentables presentes en este tipo de biomasa. Sin embargo, el proceso se dificulta debido a la compleja estructura de la pared celular vegetal (Aditiya *et al.*, 2016). El uso de tratamientos físicos, químicos, biológicos o una combinación de estos; como el pretratamiento con el ácido sulfúrico (H_2SO_4) ha mostrado alta eficiencia, al solubilizar hemicelulosa y facilitar la hidrólisis de celulosa (Aditiya *et al.*, 2016). El endocarpio de vaina de mezquite es un residuo agrícola, con alto contenido de carbohidratos estructurales como celulosa (63.95%), hemicelulosa (16.96%) y lignina (17.48%) (Lucio-López *et al.*, 2024). Además, este residuo constituye cerca del 35 % de la vaina (Díaz-Batalla *et al.*, 2018). En regiones semiáridas como el estado de Hidalgo (México), el mezquite se encuentra ampliamente distribuido, por lo que, la valorización de este subproducto representa una alternativa de bajo costo, que lo posicionan como una biomasa lignocelulósica competitiva frente a otros residuos para la obtención de bioetanol de segunda generación.

Materiales y Métodos. El endocarpio se obtuvo de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. El material lignocelulósico fue triturado y tamizado con tamaño de malla del #50. Se solubilizó la lignina usando NaOH al 1 % p/v durante 15 minutos a 121 °C. Posteriormente, el sustrato deslignificado fue sometido a una hidrólisis, en un reactor de alta presión a 175 °C, con pH de 1.3 y 892 kPa, en donde se evaluaron 2 parámetros en un diseño de experimentos 3^2 (Tabla 1), cabe mencionar que los experimentos se realizaron por triplicado.

Tabla 1. Niveles de los factores usados en el diseño factorial 3^2 para hidrólisis

Factores	Niveles		
	Bajo	Medio	Alto
Tiempo (s)	30	60	90
H_2SO_4 (%v/v)	0.25	0.50	0.75

El sobrenadante de cada experimento se analizó para determinar la cantidad de azúcares reductores por el método de ácido dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959). Los compuestos fenólicos se analizaron empleando el método Folin-Ciocalteu (Nielsen, 2009). En ambos casos se utilizó una curva patrón.

Resultados. En la Figura 1, se muestran las superficies de respuesta de los azúcares reductores y de compuestos fenólicos. Se observó que al incrementar los parámetros, disminuyó la cantidad de

azúcares reductores (0.75 % v/v de H_2SO_4 y 90 s), obteniendo 12.37 ± 0.32 g/L. Por otra parte, al disminuir los niveles se lograron liberar hasta 14.78 ± 0.05 g/L de azúcares reductores (0.25 % de H_2SO_4 v/v y 30 s) (Figura 1a), de igual manera, con estos mismos parámetros, se obtuvo una menor concentración de compuestos fenólicos, de 0.23 ± 0.005 g/L (Figura 1b). El rendimiento que se obtuvo fue de 44.34 g de azúcares reductores/g de muestra.

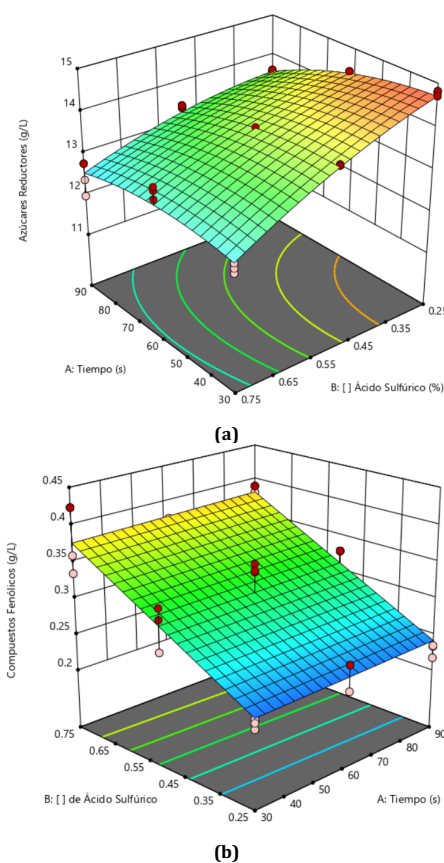


Figura 1. Superficies de respuesta de la hidrólisis fisicoquímica del endocarpio de vaina de mezquite: (a) azúcares reductores; (b) compuestos fenólicos.

Mediante el software “Design-Expert 13” se optimizaron los parámetros evaluados maximizando la cantidad de azúcares reductores y minimizando los compuestos fenólicos (Tabla 2).

Tabla 2. Niveles óptimos para una mayor cantidad de azúcares reductores.

Factores	Valor Óptimo	Azúcares Reductores (g/L)	Compuestos fenólicos (g/L)
Tiempo (s)	30		
H_2SO_4 (%v/v)	0.25	14.92 ± 0.48	0.23 ± 0.01

La superficie de respuesta se modeló con una ecuación cuadrática en variables codificadas (A: tiempo de reacción, B: concentración de H_2SO_4) para la concentración de azúcares reductores (g/L) como se presenta en la Ecuación 1. El modelo presentó un ajuste con R^2 de 0.87 mientras que la R^2 ajustada fue de 0.90, describiendo adecuadamente la tendencia observada en las superficies de respuesta.

$$\text{Azúcar Reduc} = 15.25 + 0.003A - 1.83B - 0.0001A^2 - 3.17B^2 + 0.03AB \quad (1)$$

Conclusiones. La mayor cantidad de azúcares reductores se obtuvo al minimizar el tiempo de reacción y la concentración de H_2SO_4 , originando una disminución en la concentración de compuestos fenólicos. Los azúcares reductores obtenidos fueron de 14.92 g/L. Aunque, se hace necesario un tratamiento adicional que permita aumentar este valor. Por tanto, el endocarpio de mezquite podría ser una fuente potencial para la producción de bioetanol de segunda generación.

Bibliografía.

- Aditiya, H., Mahlia, T., Chong, W., Nur, H., & Sebayang, A. (2016). Second generation bioethanol production: A critical review. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 66, 631-653. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.015>
- Díaz-Batalla, L., Hernández-Urbe, J. P., Román-Gutiérrez, A. D., Cariño-Cortés, R., Castro-Rosas, J., Téllez-Jurado, A., & Gómez-Aldapa, C. A. (2018). Chemical and nutritional characterization of raw and thermal-treated flours of Mesquite (*Prosopis laevigata*) pods and their residual brans. *CyTA - Journal Of Food*, 16(1), 444-451. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1418433>
- Fiala, M., & Nonini, L. (2018). Biomass and biofuels. *EPJ Web Of Conferences*, 189, 00006. <https://doi.org/10.1051/epiconf/201818900006>
- Lucio-López, M., Chapa-Hernández, D. F., Pérez-Cadena, R., Téllez-Jurado, A., Rangel-Jiménez, S., & González-Escamilla, E. (2024). Obtaining cellulose from residues of the endocarp of mesquite pod (*Prosopis laevigata*). *Revista de Ingeniería y Tecnologías Para el Desarrollo Sustentable*, 12, 134-140.
- Miller, G. L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 31, 426-428. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- Nanda, S., Rana, R., Sarangi, P. K., Dalai, A. K., & Kozinski, J. A. (2018). A Broad Introduction to First-, Second-, and Third-Generation Biofuels. *Recent Advancements in Biofuels and Bioenergy Utilization*, 1-25. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1307-3_1
- Nielsen, S. S. (2009). Phenol-Sulfuric Acid Method for Total Carbohydrates. *En Food science text series* 1, 47-53. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1463-7_6
- Stephen, J. L., & Periyasamy, B. (2017). Innovative developments in biofuels production from organic waste materials: A review. *Fuel*, 214, 623-633. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.11.042>

Evaluación del desempeño microbiológico y toxicidad en humedales construidos de flujo horizontal superficial con especies ornamentales para el tratamiento de lixiviados

María Guadalupe López-Landero ¹, Jacel Adame-García ² y Óscar Marín-Peña ^{1, *}

¹ Laboratorio de Humedales y Sustentabilidad Ambiental, Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Tecnológico Nacional de México, Km. 1.8 Carretera a la Loma del Cojolite, Misantla 93821, Veracruz, México

² Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Tecnológico Nacional de México, Carretera Cd. Cardel-Chachalacas km 4.5, Úrsulo Galván 99167, Veracruz, México

* Autor de correspondencia: oscar.marin.ind@gmail.com

Desarrollo Sustentable (Humedales naturales y construidos)

Recibido: 22 de agosto de 2025 Aceptado: 2 de octubre de 2025 Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: humedales construidos; lixiviados; plantas ornamentales; policultivo; comunidad microbiana

Introducción. El manejo inadecuado de residuos sólidos genera lixiviados con alta carga orgánica, nutrientes, metales pesados y compuestos tóxicos, representando riesgo significativo para los ecosistemas (Sial *et al.*, 2023). Los humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial (HSSFH) se presentan como una tecnología sustentable y de bajo costo para el tratamiento, aprovechando las interacciones entre plantas, sustrato y microorganismos (García-Ávila *et al.*, 2023). Especies ornamentales tropicales como *Heliconia psittacorum* e *Hippeastrum striatum* muestran tolerancia a ambientes contaminados y su contribución a procesos de fitorremediación (Baharuddin *et al.*, 2021; Hernández-Castelán *et al.*, 2024). La configuración en policultivo puede mejorar la eficiencia del sistema al aumentar la diversidad de la rizosfera y, por ende, los procesos microbianos de degradación (Aguilar-Cortés *et al.*, 2025). Esta investigación tiene como objetivo evaluar el desempeño de HSSFH a escala piloto con monocultivos y un policultivo de *H. psittacorum* e *H. striatum* para tratar lixiviados, analizando la eficiencia de remoción, el desarrollo y toxicidad vegetal, y la dinámica de las comunidades microbianas rizosféricas mediante biología molecular.

Materiales y Métodos. El sistema experimental consiste de seis unidades piloto de HSSFH (n=2 por tratamiento). Se evalúan tres tratamientos por duplicado: 1) monocultivo de *Heliconia psittacorum*, 2) monocultivo de *Hippeastrum striatum*, y 3) policultivo de ambas especies. El sustrato utilizado es grava volcánica (tezontle) y los humedales son alimentados con lixiviado con un caudal de 0.076 m³/día, operando con un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 3.5 días. La calidad del efluente se monitorea semanalmente a través de parámetros como el pH, CE, DBO, DQO, SST, NT, NH₄⁺ y PT. El desarrollo vegetal se evalúa midiendo la altura, número de hojas y producción de biomasa húmeda y seca, mientras que la toxicidad se monitorea mediante síntomas visuales de estrés. El estudio consta de dos fases. La caracterización de la comunidad microbiana rizosférica se realizará al inicio (fase 1) y a los 6 meses de operación (fase 2) mediante extracción de ADN de muestras compuestas de cada duplicado, seguido de su amplificación por PCR de genes de marcadores (ej. 16S rRNA para bacterias).

Resultados. La Tabla 1 muestra la caracterización del lixiviado, la cual presenta altas concentraciones de materia orgánica y nutrientes. El estudio se encuentra en la primera etapa de operación, que consiste en la estabilización del humedal y la recolección de muestras iniciales para el análisis de la comunidad microbiana rizosférica. Se espera que, al cabo de seis meses de operación, se alcancen los niveles de remoción observados en un estudio previo a este trabajo con condiciones similares (Tabla 2, Hernández-Castelán *et al.*, 2024). Las especies seleccionadas tienen el potencial de desarrollarse bien a pesar del estrés. *H. psittacorum* destaca por su alta tolerancia y producción de biomasa, mientras que *H. striatum* podría contribuir con su sistema radicular. En estudios previos, el policultivo ha demostrado ser más eficiente en la remoción de contaminantes,

superando a los monocultivos, gracias a una mayor diversidad funcional y microbiana sinérgica en la rizosfera (Hernández-Castelán *et al.*, 2024; Aguilar-Cortés *et al.*, 2025). El análisis microbiano mediante PCR puede revelar cambios en la diversidad y estructura de la comunidad bacteriana asociada a cada especie y al policultivo, correlacionándose con la eficiencia del sistema. Se espera encontrar un enriquecimiento de grupos microbianos clave para la degradación de contaminantes y el ciclo de nutrientes en el policultivo.

Tabla 1. Caracterización del lixiviado

pH	CE (μS/cm)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	NT (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PT (mg/L)
7.5-8.5	2000-3000	1500-2000	700-800	900-1100	300-350	150-200	20-30

Tabla 2. Eficiencias de remoción esperadas (%) basadas en literatura

Especie	DBO ₅	DQO	NT	NH ₄ ⁺	PT
<i>H. psittacorum</i> (Mono)	75-85	80-88	75-82	>95	80-87
<i>H. striatum</i> (Mono)*	70-80	75-85	70-78	90-95	75-82
Policultivo	80-90	85-92	80-87	>98	85-90

*basado en (Aguilar-Cortés *et al.*, 2025; Hernández-Castelán *et al.*, 2024)

Conclusiones. Este estudio generará evidencia valiosa sobre la aplicación de HSSFH con especies ornamentales tropicales en mono cultivo y policultivo para el tratamiento de lixiviados. Se espera demostrar que el policultivo no solo mejora la estética del sistema sino también su eficiencia depuradora y estabilidad microbiológica, ofreciendo una solución sostenible y adaptable para el tratamiento de este tipo de efluentes complejos en regiones tropicales. El diseño experimental con duplicados asegurará la confiabilidad de los resultados.

Bibliografía.

- Aguilar-Cortés, G., Martínez-Castellanos, G., Martínez-Reséndiz, G., Zamora-Castro, S. A., Monroy-Pineda, M. C., & Sandoval Herazo, L. C. (2025). Removal of Glyphosate in Agricultural Runoff Using Subsurface Constructed Wetlands in Monocultures and Polycultures of Tropical Plants. *Processes*, 13(3), 860. <https://doi.org/10.3390/pr13030860>
- Baharuddin, M. I., Aweng, E. R., Kutty, S. R. M., Mohd Roslan, S. N., & Hanaphi, R. M. (2021). Potential of a combination of *Heliconia psittacorum* and its associated bacteria for phytoremediation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 842(1), 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/842/1/012011>
- García-Ávila, F., Avilés-Añazco, A., Cabello-Torres, R., Guanuchi-Quito, A., Cadme-Galabay, M., Gutiérrez-Ortega, H., Alvarez-Ochoa, R., & Zhindón-Arévalo, C. (2023). Application of ornamental plants in constructed wetlands for wastewater treatment: A scientometric analysis. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 7, 100307. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2023.100307>
- Hernández-Castelán, D. A., Zurita, F., Marín-Peña, O., Betanzo-Torres, E. A., Sandoval-Herazo, M., Castellanos-Rivera, J., & Sandoval Herazo, L. C. (2024). Effect of monocultures and polycultures of *Typha latifolia* and *Heliconia psittacorum* on the treatment of river waters contaminated with landfill leachate/domestic wastewater in partially saturated vertical constructed wetlands. *International Journal of Phytoremediation*, 26(13), 2163–2174. <https://doi.org/10.1080/15226514.2024.2379007>
- Sial, T. A., Teewno, A. M., Memon, S. A., Mahar, R. B., & Korai, M. S. (2023). Municipal Solid Waste Landfill Leachate Treatment by *Phragmites australis*, *Typha latifolia* and *Scirpus validus* through Constructed Wetlands. *Journal of Ecological Engineering*, 24(6), 303–314. <https://doi.org/10.12911/22998993/162653>

Concentración de Energía solar con lentes Fresnel aplicado a reciclaje de polímeros

Ma. Guadalupe Plaza ¹, José de Jesús Pérez Bueno ², Joaquín Pérez Meneses ¹, Guillermo Eduardo Mejía Hernández ¹ y María Luisa Mendoza López ^{1,*}

¹ Departamento de Metalmecánica, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México.

² Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C., Sanfandila Pedro Escobedo, Querétaro, México.

* Autor de correspondencia: maria.ml@queretaro.tecnm.mx; Tel.: 4421497167.

Energías Renovables (Energía Solar)

Recibido: 22 de agosto de 2025

Aceptado: 2 de octubre de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: lente Fresnel, residuos poliméricos, energía solar, reblandecimiento de polímero, purga polimérica

Introducción. La generación de energía renovable ha sido mayoritariamente del tipo eólico y solar; IMCO (2023) menciona que entre 2021 y 2022 se tuvo una disminución en la generación de energía. CENACE señala en 2025 que la energía generada liquidada agregada (MWh) es de 978.0248 para eólica, 0.0038 para fotovoltaica, 2.9014 para biomasa (CENACE, 2025). El recurso solar disponible en la ciudad de Querétaro tiene un promedio de 4.77 kWh/m²/día y en 2019 se alcanzaron 411 mil m² de superficie instalada para calentamiento de agua en sectores residenciales, comerciales e industriales, siendo la mayor cantidad instalada en residenciales (Santos *et al.*, 2023). Dentro de las estrategias para mejorar los procesos de calentamiento se tiene la incorporación de nuevos materiales como Ti-InAs-In₂Se₃ (Alsharari *et al.*, 2025), uso de fluidos térmicos (Oguzhan *et al.*, 2025), entre otros. El uso de lentes Fresnel reduce el impacto ambiental en comparación con el gas natural (Batuecas *et al.*, 2023), requiriendo modelos que permitan predecir el comportamiento de los concentradores (David-Hernández, 2025). Los calentadores parabólicos calientan con fluidos de transferencia o directamente afectan la estructura de la purga y los hornos eléctricos incrementan los costos de operación. El empleo de energía solar en procesos industriales es limitado, en el reciclaje de polímeros se buscan procesos de bajo costo, con mínimo impacto estructural y en propiedades mecánicas, térmicas. En el presente trabajo se emplea un concentrador Fresnel convirtiendo energía solar en energía térmica reblandeciendo purgas poliméricas industriales, mediante análisis estadístico se relacionó la distancia del lente con el área de calentamiento y la temperatura en el sistema dependiendo del clima.

Materiales y Métodos. Se realizó el diseño de un soporte de lente Fresnel mediante SolidWorks simulando los esfuerzos presentes con ANSYS. Se empleó un lente Fresnel de PMMA de 100 cm de diámetro y un espesor de 4 mm. Se aplicó la metodología Six Sigma para el diseño y fabricación del soporte del lente considerando dos ejes de rotación que permitan tener incidencia solar normal de radiación solar sobre el lente. Mediante un análisis QFD (despliegue de función de calidad) se evaluó el impacto de área de calentamiento, estabilidad, área de muestra, entre otros. Con AMEF (análisis del modo y efecto de falla) se determinan las acciones a realizar en caso de falla. Se empleó una potencia solar de 1333±19.8 W/m², humedad relativa: 34.8%, presión: 1023 hPa, velocidad de viento: 29.6 km/h, para la adquisición de datos y ajuste de ecuación en función de altura para calcular temperatura en el área de calentamiento. Se determinó el efecto del calentamiento sobre materiales poliméricos. Se empleó cámara térmica para evaluación de temperatura en las muestras y termopares en el reservorio cada 2 minutos.

Resultados. Se realizaron el diseño, fabricación y evaluación de soporte de lente Fresnel. La Figura 1a muestra el soporte con el lente Fresnel concentrando la energía, la figura 1 b muestra la forma de la purga antes y 1c después de calentamiento observando el cambio de forma que permite el corte de esta. Mediante análisis estadístico se determinó que el ángulo, la altura y la interacción de estos se tiene

una seguridad del 95% calculando el diámetro del área de calentamiento con la expresión (Plaza,2025):

$$\text{Diámetro}(cm) = 98.28 - 0.6429 * \text{altura}(cm) \quad (1)$$

La temperatura, para altura entre 70-121 cm, fue determinada con

$$T(^{\circ}C) = -249.6 + 3.836 * \text{altura}(cm) \quad (2)$$

Se realizó el reblandecimiento de polímeros con temperatura en el intervalo de 180 °C a 200 °C para purgas de PP-ABS y menos de 6 min comparado con calentamiento en mufla a 250 °C y 20 min.

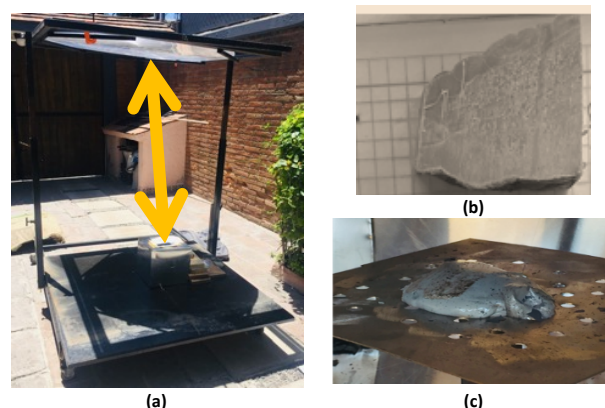


Figura 1. (a) Lente Fresnel concentrando energía en reservorio de polímero. purga (b) antes y (c) después de calentamiento

Conclusiones. El uso de lente Fresnel, aplicando las expresiones para diámetro y temperatura, permitió el reblandecimiento de residuos poliméricos tipo purga con temperatura en el intervalo de 180°C a 200°C, siendo la altura variable dependiendo de las condiciones climáticas. Para PP-ABS siendo viable su aplicación para proceso industrial de reciclado de residuos.

Bibliografía.

- Alsharari M., Han B.B., Armghan A., Aliqab K., Patel S.K. (2025). Multi-layer graphene solar thermal absorber investigation with Ti-InAs-In₂Se₃ materials for thermal energy storage applications, *Case Studies in Thermal Engineering*, 106858, <https://doi.org/10.1016/j.csite.2025.106858>
- Batuecas E., Taramona S., Gómez-Hernández J., Briongos J.V. (2023) Environmental and energetic behavior of a Beam-down linear Fresnel solar field for low-grade thermal energy applications, *Applied Thermal Engineering* 231, 121002, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121002>
- CENACE, Gobierno de México, Energía generada por tipo de tecnología, fecha consulta 14 de agosto 2025, <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Reportes/EnergiaGeneradaTipoTec.aspx>
- IMCO, 18 abril 2023, Se estanca el crecimiento de las energías eólica y solar fotovoltaica en México, <https://imco.org.mx/se-estanca-el-crecimiento-de-las-energias-eolica-y-solar-fotovoltaica-en-mexico/>
- Oguzhan K., Nader K., Manosh C.P. (2025). Micro-/nano-encapsulated phase change materials: Revolutionising heat transfer fluids for solar energy applications, *Energy Conversion and Management*, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.120113>
- Plaza M.G. (2025) Desarrollo e implementación de alternativas para procesar purgas de inyección de plásticos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Querétaro.
- Santos, I., Silva A., Straffon A., Masera O. (2023). Hacia un programa Nacional de Calentadores Solares de Agua. PRONACE Energía y Cambio climático, CONAHCYT

Obtención del modelo dinámico de una columna de destilación preconcentradora para la producción de bioetanol

Christopher Gabriel Vieyra-Navarro, Ari García-Aguirre, César Augusto Nava-Arriaga, Isaac Gael Vite-Cervantes, Salvador Hernández-Castro, Héctor Hernández-Escoto y María Dolores López-Ramírez *

Laboratorio de Análisis de Bioprocesos Industriales, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, Guanajuato, México.

* Autor de correspondencia: lopez.md@ugto.mx; Tel.: +52 473 7320006 ext. 1458

(Diseño de Procesos Sustentables): Simulación y dinámica de sistemas

Recibido: 22 de agosto de 2025

Aceptado: 7 de octubre de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: funciones de transferencia; columna de destilación; bioetanol

Introducción. El bioetanol obtenido de la fermentación de residuos lignocelulósicos puede presentar concentraciones de entre 1.4-15.3% v/v, dependiendo del tipo de microorganismo y condiciones utilizadas (Afedzi y Parakulsuksatid, 2023). Para que pueda ser utilizado como biocombustible debe tener una pureza de 99.5% wt, equivalente a 99.6% v/v (Moonsamy *et al.*, 2022). Sin embargo, el azeótropo etanol-agua (96.5% v/v) impide alcanzar esa composición en una destilación simple, por lo que se utiliza la destilación extractiva, la cual incluye una etapa preconcentradora en la que se recupera la mayor cantidad posible de etanol con un mínimo de agua (Kiss e Ignat, 2012). Esta etapa presenta un alto consumo energético, por lo que es importante tener procedimientos de arranque y operación efectivos para lo cual se requiere conocer el comportamiento dinámico del sistema. El presente trabajo teórico-experimental comienza con la simulación de una columna de destilación experimental en Aspen Plus® para la separación de una mezcla etanol-agua al 9.9% v/v, las condiciones de operación obtenidas en el simulador fueron reproducidas experimentalmente y se provocaron perturbaciones tipo escalón de $\pm 10\%$ de los valores nominales de la carga térmica (QR) y la relación de reflujo (RR). Se evaluó la respuesta en los perfiles de temperatura y los datos experimentales fueron procesados en Excel® y las funciones de transferencia se estimaron en Matlab®.

Materiales y Métodos. Mediante un análisis de sensibilidad en Aspen Plus® se evaluó el efecto de la temperatura de alimentación, QR y RR en la composición de etanol en destilado y fondo. El caso seleccionado presentó la mayor composición de etanol en domo, la menor en fondos, considerando las restricciones del equipo y fue reproducido experimentalmente en la columna de destilación continua PIGNAT ubicada en el laboratorio de procesos industriales de la División de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Guanajuato. Los experimentos consistieron en operar a reflujo total para posteriormente comenzar a alimentar la mezcla y retirar productos. Cuando se alcanzó el estado estable en operación continua se provocaron las perturbaciones de $\pm 10\%$ en QR y RR, éste último fue manipulado en la práctica mediante el flujo de destilado (FD). Se tomaron muestras de destilado y fondos a lo largo de la operación y éstas fueron analizadas con un refractómetro óptico y un alcoholímetro de Gay-Lussac. Los datos de temperatura fueron extraídos y puestos en términos de variables de desviación en Excel®, se les aplicó un filtro de alta ganancia y se creó una tabla de tiempo, la cual fue utilizada en Matlab® para la estimación de las funciones de transferencia mediante el uso de la función TFest.

Resultados. Los resultados del caso seleccionado en la etapa de simulación se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados del caso seleccionado en simulación.

Variable	Valor nominal	Variable	Valor nominal
Carga térmica, kW	0.7	Etanol en domos, % v/v	88.2
Flujo de destilado, ml/min	8.74	Etanol en fondos, % v/v	0.0011
T alimentación, °C	75		

La Figura 1 muestra los perfiles de temperatura obtenidos durante las perturbaciones en a) QR y b) RR. TI1_PV corresponde a la temperatura del reboiler, TIC5_PV a la del destilado y TI2_PV, TI3_PV, TI4_PV a las etapas intermedias desde el fondo al domo. TIC1_OP representa los cambios tipo escalón provocados en QR ($700\text{ W} \pm 10\%$) y Perturbación escalón las variaciones en RR, que en la práctica fueron manipuladas mediante el flujo de destilado ($8.74\text{ ml/min} \pm 10\%$). Durante la operación se tomaron muestras del destilado y el producto de fondos a los tiempos t_0 , t_1 , t_2 , t_3 y t_4 .

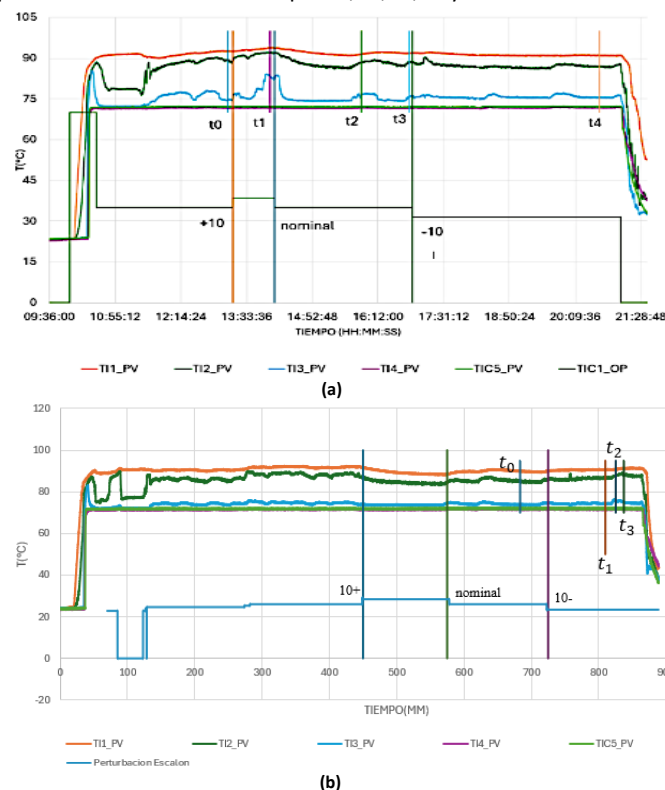


Figura 1. Perfiles de temperatura de la columna preconcentradora ante las perturbaciones en (a) QR y (b) FD.

No se observaron variaciones significativas en la temperatura de destilado con ninguna de las perturbaciones, por lo que las funciones de transferencia son cero, las muestras colectadas de destilado presentaron concentraciones alrededor del 90% v/v, lo cual indica que se encuentra cercano a la composición azeotrópica. El efecto observado de las perturbaciones en la temperatura de fondos se muestra en la Figura 2 y las funciones de transferencia obtenidas se presentan en las Ecuaciones 1 y 2. Como puede observarse, la temperatura de fondos aumenta con el incremento de QR y decrece cuando QR disminuye. En el caso de la variación de RR, cuando este aumenta, FD disminuye, provocando una reducción en la temperatura de fondos, mientras que al disminuir RR, es decir,

aumentar FD, la temperatura se incrementa. En ambos casos, cuando la variable regresó al valor nominal, el sistema presentó una respuesta oscilatoria y no fue capaz de volver a su estado nominal, al menos durante el tiempo analizado.

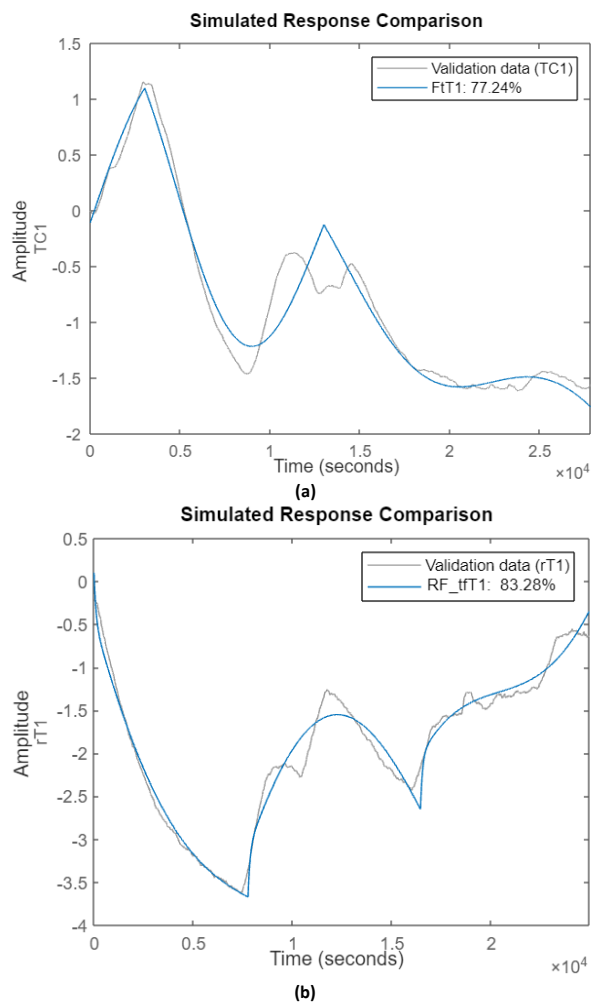


Figura 2. Comparación de la función de transferencia contra los datos experimentales, perturbaciones en a) QR y b) RR.

$$G_{21}(s) = \frac{-0.002672s^3 - 3.325 \times 10^{-6}s^2 + 1.335 \times 10^{-10}s - 1.783 \times 10^{-13}}{s^4 + 0.01003s^3 + 5.871 \times 10^{-7}s^2 + 7.124 \times 10^{-10}s + 2.203 \times 10^{-14}} \quad (1)$$

$$G_{22}(s) = \frac{0.000195s^2 + 2.281 \times 10^{-8}s + 5.204 \times 10^{-12}}{s^3 + 8.367 \times 10^{-5}s^2 + 1.552 \times 10^{-7}s + 1.433 \times 10^{-12}} \quad (2)$$

Conclusiones. Se obtuvieron las funciones de transferencia que describen el comportamiento de la columna preconcentradora en función de QR y RR con la metodología presentada, las cuales pueden ser utilizadas en estudios posteriores de control. El uso de filtros redujo el ruido de las mediciones experimentales, permitiendo alcanzar ajustes de las funciones de transferencia de 83.28% y 77.24% para QR y RR, respectivamente.

Bibliografía.

- Afedzi, A.E.K., Pramuk Parakulsuksatid, P. (2023). Recent advances in process modifications of simultaneous saccharification and fermentation (SSF) of lignocellulosic biomass for bioethanol production. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 54, 102961. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102961>
- Kiss, A. A., & Ignat, R. M. (2012). Innovative single step bioethanol dehydration in an extractive dividing-wall column. *Separation and purification technology*, 98, 290-297. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2012.06.029>
- Moonsamy, T. A., Mandegari, M., Farzad, S., & Görgens, J. F. (2022). A new insight into integrated first and second-generation bioethanol production from sugarcane. *Industrial Crops and Products*, 188, 115675. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115675>

Determinación de las propiedades adsorbentes de pasto común para la remoción de Cr [VI]

Pablo Hernández Olmos ^{1,*}, Héctor Hernández Escoto ¹, Fernando Santos Escobar ² y Félix Gutiérrez Corona ²

¹ Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, Guanajuato, México

² Departamento de Biología, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, Guanajuato, México

* Autor de correspondencia: jp.hernandez.olmos@ugto.mx

Contaminación de agua, suelo y aire (Procesos fisicoquímicos)

Recibido: 23 de agosto de 2025

Aceptado: 2 de octubre de 2025

Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Adsorción; Cromo [VI]; Biomasa

Introducción. Las sales de cromo son un compuesto empleado en varias actividades como recubrimientos, aleación de metales y tratamiento de pieles. El principal inconveniente del uso de sales de cromo es la generación de efluentes que contienen iones de cromo, siendo de especial interés el cromo en su forma hexavalente, el cual es un compuesto bioacumulable relacionado con el desarrollo de cáncer y problemas del sistema respiratorio, el cual puede ser absorbido por vía oral, respiratoria y cutánea (Cuberos *et al.*, 2009).

En busca de técnicas para separar metales pesados (como el Cr [VI]) de efluentes, de manera eficiente y a bajo costo, se comenzó a analizar la factibilidad de emplear biomasa como material adsorbente. La característica de la biomasa es que puede tener un costo bajo de adquisición al emplear residuos como cáscaras de fruta y bagazo, entre muchos otros y estos pueden tener una alta capacidad de adsorción incluso a bajas concentraciones. Diversos investigadores han analizado la capacidad de la bioadsorción, como es el caso de Bosinco *et al.*, (1996) que emplea mazorca de maíz para la adsorción de Cr [VI] en sistema batch. Osman *et al.*, (2010) analizaron la adsorción de Zn, Cd y Fe empezando aserrín, bagazo de caña y paja de trigo, logrando una remoción superior al 90%. Ramón Jara (2017) observó que a condiciones ambiente la cebada tiene una gran capacidad de adsorción de Cr [VI]. En el presente trabajo se utilizó pasto común como adsorbente, teniendo una buena capacidad de adsorción a pH cercano a 2 pero con una cinética de adsorción lenta.

Materiales y Métodos. Se realizó una solución madre sintética de sales de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) a 100 ppm para posteriormente crear soluciones diluidas de concentración conocida para obtener una curva de calibración mediante el método de colorimetría empleando una solución 0.021M de 1,5-difenilcarbazida en acetona. Se realizaron sistemas tipo batch, con duplicado, para el análisis de la biomasa. Se tomaron alícuotas de una solución concentrada de dicromato 1000 ppm para hacer soluciones de 100 mL a 100 ppm en matraces de 125 mL y se ajustó su pH (2, 3 y 4) con H_2SO_4 al 10% V/V. Se metieron a un baño de agua para lograr una temperatura de 3°C con una agitación de 120 rpm y, una vez las soluciones estabilizaron su temperatura, se añadió la biomasa en una relación de 2.5 g/L. Se tomaron muestras a cortos intervalos de tiempo al comienzo de los experimentos y posteriormente se analizó la concentración cada 24 horas hasta no observar cambio en la concentración de cromo hexavalente.

Tabla 1. Determinación de Cr [VI] por el método de difenilcarbazida

	H ₂ O destilada [μL]	Solución [μL]	H ₂ SO ₄ 50% [μL]	Difenilcarbazida [μL]
Blanco	4900		100	50
Muestra	4800	100	100	50

La Tabla 1 muestra la preparación de muestras para el análisis espectrofotométrico a 540 nm tanto para la curva de calibración como para las muestras. En el caso de las muestras del batch, se sometieron a centrifugación para separar la fase sólida de la solución.

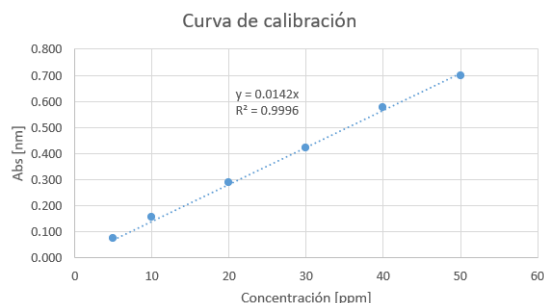


Figura 1. Curva de calibración para determinación de cromo hexavalente.

Resultados. Al observar la tendencia de las cinéticas de adsorción obtenidas se observa que existe una disminución inicial rápida, seguida de ligeras oscilaciones intermedias que podrían asociarse con una redistribución de cromo en la superficie del adsorbente. Posteriormente, la curva presenta una pendiente negativa más estable, lo que indica una aproximación a la concentración de equilibrio entre la superficie del adsorbente y la fase acuosa. El tiempo que tarda en lograrse el equilibrio varía entre 10 y 15 días en función del pH, siendo el valor de 2 el que más rápido llegó al equilibrio.

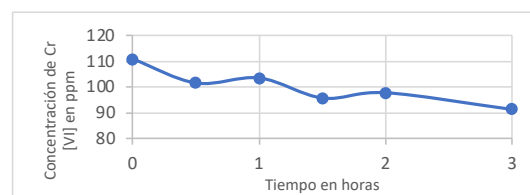


Figura 2. Cinética de adsorción de Cr [VI] en presencia de pasto común a pH=2.

Conclusiones. El pasto común empleado presenta buenas características para adsorber cromo hexavalente de soluciones sintéticas, aunque el tiempo de contacto es bastante largo. Aunque el costo de adquisición es barato, su uso en sistemas de limpieza de aguas contaminadas no es el mejor debido a su velocidad de adsorción. Para aumentar la velocidad de adsorción de la biomasa se debe hacer un pretratamiento de activación, aunque esto implica aumentar el precio de la materia prima. Es necesario analizar la posible presencia de cromo trivalente en los sistemas batch para tener un total análisis del biosorbente.

Bibliografía.

- Bosinco, S., Roussy, J., Guibal, E., & Cloirec, P. L. (1996). Interaction Mechanisms between Hexavalent Chromium and Corncob. *Environmental Technology*, 17(1), 55–62. <https://doi.org/10.1080/09593331708616360>
- Cuberos, E., Rodríguez, A. I., & Prieto, E. (2009). Niveles de Cromo y Alteraciones de Salud en una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres en Bogotá, Colombia. 11(2), 278–289.
- Osman, H. E., Badwy, R. K., Ahmad, H. F., & Osman, H. (2010). Usage of Some Agricultural By-products in the Removal of Some Heavy Metals from Industrial Wastewater. *Journal of Phytochemistry*, 2010(3), 51–62. <https://updatepublishing.com/journal/index.php/jp/article/view/2100>
- Ramón Jara, F. (2017). Capacidad del residuo de la cebada "hordeum vulgare" para la absorción de cromo (Cr +6) en aguas contaminadas a nivel del laboratorio 2017 [Universidad César Vallejo]. En *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10356>

Microplásticos en sedimento del Río Nautla

Gleybis Hernández-Morales ¹, Humberto Raymundo González-Moreno ^{2,*} y Luis Alberto Peralta-Peláez ³

¹ Laboratorio, Departamento, Institución, Ciudad, Estado, País (de Primer Autor) Laboratorio de Microplásticos, Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Misantla 93821, Veracruz, Mexico; 232t0559@itsm.edu.mx

² División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km 1.8 Road to Loma del Cojolite, Misantla 93821, Veracruz, Mexico; hrgonzalez@itsm.edu.mx

³ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, MA de Quevedo 2779, Veracruz 91897, Mexico; luis.pp@veracruz.tecnm.mx

* Autor de correspondencia: hrgonzalez@itsm.edu.mx

Contaminación de Agua, suelo y aire (Monitoreo de contaminantes)

Recibido: 11 de abril de 2025 Aceptado: 3 de junio de 2025 Publicado: 28 de noviembre de 2025

Palabras clave: Microplásticos; Sedimento; Río

Introducción. El transporte de contaminantes hacia los océanos puede seguir diversas rutas; sin embargo, los ríos se destacan como la principal vía de aporte directo, a lo largo de la historia, las civilizaciones se han asentado en sus márgenes debido a los múltiples beneficios que estos cuerpos de agua ofrecen, desde recursos hídricos hasta transporte e incremento de la fertilidad de suelos, esta relación histórica ha convertido a los ríos en receptores y transportadores de contaminantes de diversa índole, desempeñando un papel clave en la conexión entre actividades humanas y la contaminación de ecosistemas acuáticos (Meijer *et al.*, 2021). Entre los contaminantes emergentes, los microplásticos (MPs) han ganado atención por su persistencia y facilidad de dispersión en ambientes acuáticos, afectando diversas formas de vida y generando impactos adversos (Adjornor *et al.*, 2024; Bertoldi *et al.*, 2023; Xia *et al.*, 2025). En la cuenca del Río Nautla, la hidrología se encuentra fuertemente influenciada por actividades agrícolas, en particular la producción citrícola, que constituye un motor económico regional, la utilización intensiva de agroquímicos, junto con el manejo inadecuado de envases plásticos, contribuye a la liberación de partículas que se integran al ecosistema fluvial. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la retención y caracterización de microplásticos en sedimentos del Río Nautla, considerando la interacción entre los regímenes de flujo y la actividad citrícola.

Materiales y Métodos. Se seleccionaron nueve sitios de muestreo en la cuenca baja del río Nautla como se aprecia en la Figura 1, recolectándose veinticinco muestras de sedimento entre noviembre y diciembre de 2023, mediante un muestreo aleatorio en el cual se establecieron transectos y se seleccionaron al azar los sitios de recolección de muestras, considerando como criterio de exclusión la presencia de evidencias de actividad humana (huellas o disturbios en el área), recolectando un kilo de sedimento. Los microplásticos se separaron mediante digestión química y flotación en solución salina, posteriormente se identificaron y caracterizaron con microscopía y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).

Resultados. Se identificaron 156 partículas de plástico en sedimentos con diferente morfología como se aprecia en la Figura 2 de las que 36% fueron fibras y 35% películas. Los polímeros predominantes fueron polietileno (38%), PET (28%) y PVC (23%), asociados principalmente a empaques, textiles y residuos agroindustriales, estos hallazgos reflejan la influencia de la actividad agrícola y urbana en la dinámica fluvial.

Conclusiones. Los resultados evidencian la presión antropogénica sobre los sistemas fluviales tropicales y subrayan la necesidad de incluir el monitoreo de microplásticos en los programas de vigilancia ambiental. La identificación de fibras y películas, principalmente de polietileno, señala al uso agrícola como una de las principales fuentes. Estos hallazgos aportan información clave para el diseño de

estrategias de conservación y gestión sustentable de los recursos hídricos en Veracruz.

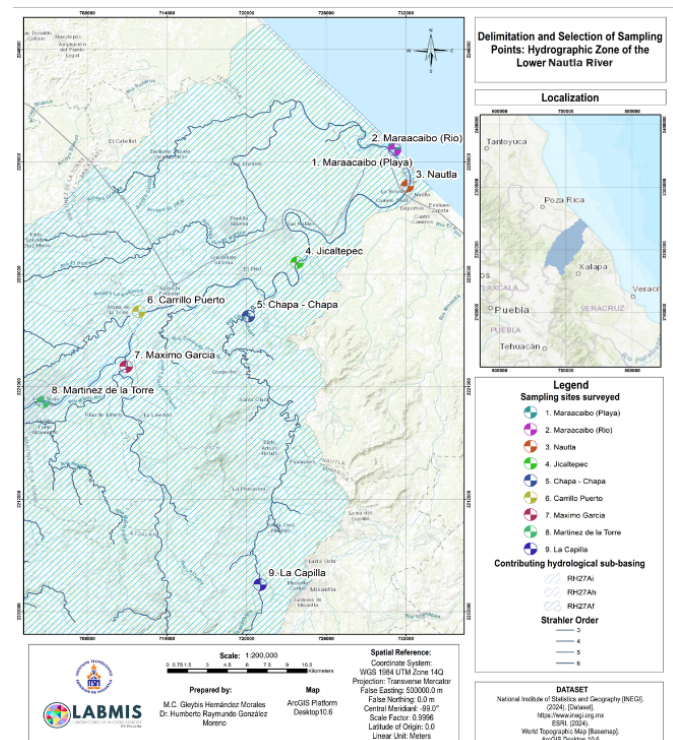


Figura 1. Localización del área de estudio.

MORFOLOGÍA MICROPLASTICOS

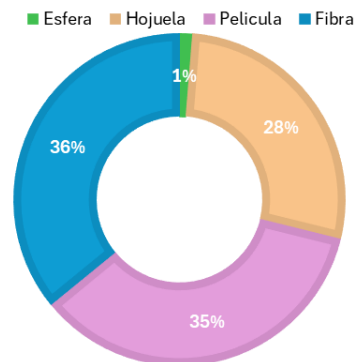


Figura 2. Morfología de MPs en sedimento.

Bibliografía.

- Adjornor, B. Y., Han, B., Zahran, E. M., Pichtel, J., & Wood, R. (2024). Transport and deposition of microplastics at the water–sediment interface: A case study of the White River near Muncie, Indiana. *Hydrology*, 11(9), 141. <https://doi.org/10.3390/hydrology11090141>
- Bertoldi, C., Lara, L. Z., & Fernandes, A. N. (2023). Revealing microplastic dynamics: The impact of precipitation and depth in urban river ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(51), 111231–111243. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30241-0>
- Meijer, L. J. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7(18), eabf3339. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abf3339>
- Schreyers, L. J., van Emmerik, T. H. M., Bui, T.-K. L., van Thi, K. L., Vermeulen, B., Nguyen, H.-Q., Wallerstein, N., Uijlenhoet, R., & van der Ploeg, M. (2024). River plastic transport affected by tidal dynamics. *Hydrology and Earth System Sciences*, 28, 589–610. <https://doi.org/10.5194/hess-28-589-2024>
- Xia, F., Yang, W., Zhao, H., Cai, Y., Tan, Q., & others. (2025). Occurrence characteristics and transport processes of riverine microplastics in different connectivity contexts. *npj Clean Water*, 8, 1. <https://doi.org/10.1038/s41545-024-00424-4>

Para su publicación los Resúmenes son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Asociación Latinoamericana de Desarrollo Sustentable y Energías Renovables A. C., ALDESER y el Congreso Internacional de Desarrollo Sustentable y Energías Renovables, CIDSER 2025.

Publicado el 28 de noviembre de 2025

Recopilado y distribuido por la Asociación Latinoamericana de Desarrollo Sustentable y Energías Renovables A. C., ALDESER.



ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE DESARROLLO

ALDESER

SUSTENTABLE Y ENERGÍAS RENOVABLES