

Revista Científica Ra Ximhai

Ciencias Sociales

Vol. 20 Número 3 Especial enero - junio 2024

Publicación de la Universidad Autónoma Indígena de México

Editora General

M. en C. Aminne Armenta Armenta

D.R. © Ra Ximhai

Hecho en México

Printed in Mexico

El Nombre

La identificación de esta revista con el nombre de Ra Ximhai (escrito en lengua hñahñú), que traducido al español significa “el mundo, el Universo o la vida”, hace referencia a la naturaleza desde un punto de vista cosmológico signado por los indígenas otomíes. La revista lleva este título como un homenaje a las culturas indígenas del país que forman parte importante de la riqueza cultural de México.

Diseño de portada: M. en C. Aminne Armenta Armenta

RA XIMHAI, Volumen 20 Núm. 3 Especial enero-junio 2024, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma Indígena de México. Domicilio Fuente de Cristal 2334 entre Coral y Cuarzo. Fracc. Fuentes del Bosque. C.P. 81229 Tel: (668) 8160-320, <https://raximhai.uaim.edu.mx/index.php/rx>, raximhai@uaim.edu.mx. Editora responsable: M. en C. Aminne Armenta Armenta. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-102612472100-102, E-ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Todos los artículos publicados son sometidos a arbitraje por especialistas en el tema mediante el sistema de “pares ciegos”. El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 México

Ra Ximhai

COMITÉ CIENTÍFICO EXTERNO

Dra. Chantal Cramaussel Vallet

Colegio de Michoacán

Dr. Ernesto Guerra García

Universidad Autónoma Indígena de México

Dr. Mario Magaña Mancillas

Universidad Autónoma de Baja California

Dr. Bruno Baronnet

Universidad Veracruzana

Dra. Zulema Trejo Contreras

Colegio de Sonora

Dr. José Luis Moctezuma Zamarrón

Instituto Nacional de Antropología e Historia/Sonora

Dr. Eduardo Andrés Sandoval Forero

Universidad Autónoma del Estado de México

Dr. José Manuel Juárez Núñez

UAM-Xochimilco

Dr. Gunther Dietz

Universidad Veracruzana

Dr. José Guadalupe Vargas Hernández

Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez

Dr. Robinson Salazar Pérez

Director de la Red de Investigadores por la Democracia y la Paz, Buenos Aires, Argentina

Dr. Daniel Mato

Universidad Nacional Tres de Febrero, Argentina

Dra. Marely Graciela Figueroa Pérez

Universidad Tecnológica de Culiacán

COMITÉ EDITORIAL INTERNO

Dra. Claudia Selene Castro Estrada

Universidad Autónoma Indígena de México

Dr. Celso Ortiz Marín

Universidad Autónoma Indígena de México

Dr. Estuardo Lara Ponce

Universidad Autónoma Indígena de México

Dra. Elvia Nereyda Rodríguez Saucedá

Universidad Autónoma Indígena de México

Dr. Francisco Antonio Romero Leyva

Universidad Autónoma Indígena de México

Dr. Pedro Antonio López de Haro

Universidad Autónoma Indígena de México

Dr. Iván Noel Álvarez Sánchez

Universidad Autónoma Indígena de México

Dr. Jesús Ramón Rodríguez Apodaca

Universidad Autónoma Indígena de México

Dra. María Guadalupe Ibarra Cecaña

Universidad Autónoma Indígena de México

Dra. María Azucena Caro Dueñas

Universidad Autónoma Indígena de México

Dr. Juan Antonio Fernández Velázquez

Universidad Autónoma Indígena de México

Dra. Aida Alvarado Borrego

Universidad Autónoma Indígena de México

Dra. Lizbeth Félix Miranda

Universidad Autónoma Indígena de México

Dra. Olia Acuña Maldonado

Universidad Autónoma Indígena de México

Dr. Francisco Ricardo Ramírez Lugo

Universidad Autónoma Indígena de México

M. en C. Aminne Armenta Armenta

Editora General

Universidad Autónoma Indígena de México

Ra Ximhai

Vol. 20 Número 3 Especial enero-junio 2024

La revista *Ra Ximhai* está indexada en el **Master Journal List** (Clarivate Analytics), la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico **REDIB**, el Sistema de Información Bibliográfica sobre las publicaciones científicas seriadas y periódicas producidas en América Latina, el Caribe, España y Portugal (**LATINDEX**), Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades (**CLASE**), Electronic Journals Service (**EBSCO**), Red de Revistas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (**REDALYC**), Servicios de Alertas y Hemeroteca Virtual de la Universidad de Rioja, España (**DIALNET**), el Directory of Open Access Journals (**DOAJ**), Hispanic American Periodicals Index (**HAPI**), **Academic Journals Database**, Revistas Electrónicas de Ciencia y Tecnología de la Organización de Estados Iberoamericanos (**OEI**), el Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales de América Latina y el Caribe (**CLACSO**), el Instituto de Apoyo a la Investigación e Innovación (**INAPI**), In4referencial Científico (**in4ciencia**), **Revistas Indexadas de Actualidad Iberoamericana**, **Academia.edu**, **Researchgate**, **WorldCat** e **Indíxe de Publicaciones Periódicas REMERI**.

Es posible consultarla a través de las siguientes bibliotecas virtuales universitarias:

De **Alemania**: Technische Universität Braunschweig, Uppsala University Library, Kassel University Library.

De **Argentina**: Librería del Ministerio de Ciencia y Tecnología, Biblioteca Digital de Ciencia y Tecnología Administrativa.

De **Australia**: Library of Southern Cross University.

De **Canadá**: Memorial University of Newfoundland Libraries.

De **China**: Electronic Journal Library.

De **Colombia**: Centro de Estudios Superiores María Goretti.

De **España**: Biblioteca de la Universidad de Sevilla y MIAR (Matriz de Información para el Análisis de Revistas) Universitat de Barcelona.

De **Estados Unidos**: University of Georgia Libraries, Thomas Library de la Universidad Witteberg, Information Network of the State Library of Ohio, Albertsons Library of Boise State University, University of Tennessee Libraries, Columbia University Libraries, Binghamton University Libraries, Electronic Journals of Texas Tech University, University of Illinois at Urbana Champaign Library Gateway, Cornell University Library, Libraries of the University of South Florida (USF), Washington Research Library Consortium (WRLC), South Dakota State University, Georgetown University Library, Marymount University Library y The Catholic University of America.

De **Finlandia**: Tampereen Yliopiston Kirjasto Andor.

De **Francia**: Agence Bibliographique de l'Enseignement Supérieur, Centre National de la Recherche Scientifique, Bibliothèques Universitaires de l'Université de Caen Normandie, Université Jean Monnet (Saint-Etienne), Sciences Po Paris, Accès Unifié aux Référentiels HAL, Centre pour la Communication Scientifique Directe.

De **Inglaterra**: Oxford Brookes University, University of Leicester, University Library of University of Sheffield.

De **Italia**: Sistema Archivistico e Bibliotecario Politécnico Milano, Sapienza Digital Library, Biblioteca Universitaria di Lugano de la Università Della Svizzera.

De **Japón**: University of Tsukuba Library.

De **México**: e-journals y revistas de ciencias sociales UNAM.

De **Suecia**: Göteborg University Library

Ra Ximhai

**El mundo,
El universo o
La vida**

**VOLUMEN 20 NÚMERO 3 ESPECIAL
ENERO-JUNIO 2024**

La presente edición de la revista fue coordinada por el Dr. Jesús Ramón Rodríguez Apodaca, las Doctoras Elvia Nereyda Rodríguez Saucedo y Claudia Selene Castro Estrada, Profesores Investigadores de la Universidad Autónoma Indígena de México y el Dr. Adalid Graciano Obeso, Profesor Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.

CONTENIDO

Vol. 20 Núm. 3 Especial enero-junio 2024
Ciencias Sociales

- 11** **Presentación**
Elvia Nereyda Rodríguez Saucedo

ARTÍCULO CIENTÍFICO

- 17** **Evaluación de un humedal artificial piloto para el tratamiento de aguas residuales domésticas - Fitorremediación con *Eichhornia crassipes***
Marco Arturo Arciniega Galaviz; Jeovan Alberto Ávila Díaz y Pedro Hernández Sandoval
- 39** **Competitividad en las empresas exportadoras de tomate sinaloense**
Ivette Selene Marañón Lizárraga y Jerjes Izcoatl Aguirre Ochoa
- 61** **La pandemia covid-19 y el impacto en los patrones de consumo de energía eléctrica: caso de estudio en tres hogares en Los Mochis, Ahome, Sinaloa**
Lennin Enrique Amador Castro; Román Edén Parra Galaviz y Jesús Ramón Rodríguez Apodaca
- 83** **Aislamiento y caracterización molecular de microorganismos obtenidos de nódulos de frijol en el norte de Sinaloa, México**
Nataly López Soto y Araceli Ruiz Fierro
- 103** **La cultura turística local y su contribución al desarrollo y aprovechamiento de los recursos regionales. Caso de estudio: El Cerro Cabezón, Juan José Ríos, Sinaloa, México**
Rodolfo Angel Leyva Reyes; Claudia C. Olivas Olivo y Silvestre Flores Gamboa

127 **Análisis en la percepción de los estudiantes hacia la sostenibilidad ambiental en el Instituto Tecnológico de Los Mochis**

Lennin Enrique Amador Castro; Román Edén Parra Galaviz y Esther Graciela Lizárraga Mata

153 **Caracterización de abonos orgánicos elaborados de desperdicios de la industria alimentaria en el norte de Sinaloa, México: Una alternativa para las prácticas agrícolas sustentable**

Nataly López-Soto y Jesús Ramón Rodríguez-Apodaca

CONTENTS

Vol. 20 Num. 3 Special january-june 2024
Social Sciences

- 11** **Presentation**
Elvia Nereyda Rodríguez Saucedo

SCIENTIFIC ARTICLE

- 17** **Evaluation of a pilot artificial wetland for the treatment of domestic wastewater - Phytoremediation with *Eichhornia crassipes***
Marco Arturo Arciniega Galaviz; Jeovan Alberto Ávila Díaz y Pedro Hernández Sandoval
- 39** **Competitiveness in sinaloan tomato exporting companies**
Ivette Selene Marañón Lizárraga y Jerjes Izcoatl Aguirre Ochoa
- 61** **The covid-19 pandemic and the impact of electricity consumption patterns: case study on three household in Los Mochis, Ahome, Sinaloa**
Lennin Enrique Amador Castro; Román Edén Parra Galaviz y Jesús Ramón Rodríguez Apodaca
- 83** **Isolation and molecular characterization of microorganisms obtained from bean nodules in northern Sinaloa, Mexico**
Nataly López Soto y Araceli Ruiz Fierro
- 103** **Local tourism culture and its contribution the development and utilization of regional resources. Case study: El Cerro Cabezón, Juan José Ríos, Sinaloa, Mexico**
Rodolfo Angel Leyva Reyes; Claudia C. Olivas Olivo y Silvestre Flores Gamboa

- 127** **Analysis students perception's toward environmental sustainability at Instituto Tecnológico de Los Mochis**
Lennin Enrique Amador Castro; Román Edén Parra Galaviz y
Esther Graciela Lizárraga Mata
- 153** **Characterization of organic fertilizers made from food industry waste in northern Sinaloa, Mexico: An Alternative for application in sustainable agriculture**
Nataly López Soto y Jesús Ramón Rodríguez Apodaca

PRESENTACIÓN

Elvia Nereyda Rodríguez Saucedo

La revista Ra Ximhai, fundada en 2005 por la Universidad Autónoma Indígena de México (UAIM) en Sinaloa, tiene como objetivo principal difundir conocimiento académico y científico relacionado con las culturas indígenas, así como promover la investigación intercultural y la diversidad cultural. Sus áreas de enfoque abarcan temas como los derechos indígenas, la historia, la lingüística, la antropología, la arqueología y la educación intercultural, entre otros. La revista se estructura en secciones que incluyen artículos de investigación originales, revisiones de literatura, ensayos, reseñas de libros y entrevistas, además de secciones especiales dedicadas a temas específicos relacionados con las culturas indígenas. En cuanto al proceso de revisión por pares, Ra Ximhai sigue un riguroso procedimiento en el que los artículos son evaluados de manera anónima por expertos en el campo. Esta revisión garantiza la calidad y el rigor científico de los artículos publicados, fortaleciendo así la credibilidad de la revista en la comunidad académica. En términos de impacto y alcance, Ra Ximhai tiene una influencia significativa en el campo de los estudios indígenas y culturales, tanto a nivel nacional como internacional. La revista está indexada en diversas bases de datos y catálogos bibliográficos reconocidos, lo que aumenta su visibilidad y su contribución al conocimiento en el ámbito de las culturas indígenas.

En este número especial de la revista Ra Ximhai Vol 20 Numero 3 2024 se presenta 7 artículos científicos, en el primer artículo titulado "Evaluación de un humedal artificial piloto para el tratamiento de aguas residuales domésticas - Fitorremediación con *Eichhornia crassipes*", presentado por los autores Marco Arturo Arciniega Galaviz, Jeovan Alberto Ávila Díaz y Pedro Hernández Sandoval, se plantea que en México solo el 36 % de las aguas residuales generadas reciben tratamiento, lo cual crea la necesidad de desarrollar tecnologías para su depuración. Los humedales artificiales son

una alternativa de tratamiento debido a su alta eficiencia de remoción de contaminantes y a su bajo costo de instalación y mantenimiento. Se construyó un humedal artificial tipo superficial de cuatro por dos metros y 40 centímetros de profundidad para el tratamiento de aguas residuales con características domiciliarias, empleando el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) como planta biorremediadora. El objetivo fue determinar la tasa de remoción de materia orgánica, sólidos totales, sedimentables, disueltos, suspendidos y turbiedad presentes en aguas residuales. Fue posible remover el 53.34 % de los sólidos totales (ST), el 59.49 % de los sólidos suspendidos totales (SST), el 73.68 % de los sólidos sedimentables (SS), el 32.92 % de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), y el 93.52 % de la turbiedad. Con los porcentajes de remoción obtenidos, las concentraciones de DBO₅, ST, SST y SS se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles que señala la NOM-002-SEMARNAT-1996, siendo este tipo de tratamientos biológicos viables para eliminar contaminantes presentes en aguas residuales de origen domiciliario.

En el segundo artículo titulado "Competitividad en las Empresas Exportadoras de Tomate Sinaloense", presentado por los autores Ivette Selene Marañón Lizárraga y Jerjes Izcoatl Aguirre Ochoa, se enfoca en la identificación de los factores clave que afectan la competitividad de las empresas que exportan tomates en Sinaloa, México. Se realizó una revisión de la literatura para seleccionar las variables relevantes, entre las cuales se incluyen calidad, precio, mano de obra, tecnología, canales de distribución, mercado, gobierno y gestión ambiental. Se desarrolló un instrumento de medición con 49 ítems, el cual se aplicó a puestos clave en estas empresas. La validez del instrumento se evaluó utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach, y se realizó un análisis estadístico inferencial para determinar las tendencias de los datos. Además, se llevó a cabo una regresión lineal múltiple para evaluar la relación entre las variables. Los resultados indican que todas las variables tienen un impacto positivo y significativo en la competitividad de estas empresas en el mercado de exportación, destacando especialmente la calidad y la mano de obra como factores más influyentes.

En el tercer artículo los autores Lennin Enrique Amador-Castro, Román Edén Parra-Galaviz y Jesús Ramón Rodríguez-Apodaca presentan el artículo titulado "La pandemia COVID-19 y el impacto en los patrones de consumo de energía eléctrica: caso de estudio en tres hogares en Los Mochis, Ahome, Sinaloa", aquí se aborda el tema sobre el impacto de la pandemia del COVID-19, la cual alteró las modalidades y los lugares de trabajo de las personas, produciendo modificaciones en la demanda mundial de energía eléctrica. Todos los esfuerzos por limitar la exposición al COVID-19 no solo modificaron la demanda de electricidad por las

restricciones tomadas para contener la pandemia, sino también por el comportamiento en el consumo de electricidad futuro en un mundo posterior al COVID-19. En este sentido, el presente texto tiene como objetivo fomentar un consumo responsable en el uso adecuado de la energía eléctrica en los hogares, de acuerdo con lo establecido en el ODS 12 de la agenda 2030. Para ello, se realizó un análisis estadístico para evaluar el comportamiento en la demanda de energía de tres casas-habitaciones en la ciudad de Los Mochis, antes, durante y después de la emergencia sanitaria. Los resultados muestran que los patrones de consumo de la energía eléctrica en los tres casos de estudio cambiaron, mostrando evidencia de que los indicadores actuales son superiores a los datos previos a la emergencia sanitaria.

En el cuarto artículo titulado "Aislamiento y caracterización molecular de microorganismos obtenidos de nódulos de frijol en el norte de Sinaloa, México", presentado por los autores Nataly López-Soto y Araceli Ruiz-Fierro, se destaca que la agricultura es una de las actividades más importantes en el estado de Sinaloa, pero existen varios estudios sobre ciertos problemas ambientales consecuencia de esta práctica, destacando aquellos relacionados con el uso del agua, el impacto ambiental causado por las prácticas agrícolas, contaminación y el uso desmedido de agroquímicos. En los cultivos agrícolas sembrados en el año 2017, se empleó fertilización química casi en un 100 % de su superficie, lo cual trae como consecuencia alteraciones en los flujos de nutrientes hacia las costas, así como en el ciclo global del nitrógeno. El cultivo del frijol es una actividad económica y de subsistencia fundamental para muchas familias en el país, es parte de la dieta de la población mexicana, por lo cual, la sociedad busca satisfacer las demandas de alimentos a través de la agricultura para erradicar el hambre en el mundo de acuerdo con los objetivos del desarrollo sustentable. El uso de biofertilizantes contribuye a la absorción y asimilación de nutrientes sin contaminar al medio ambiente, disminuyendo los efectos de la fertilización sintética sin perder la rentabilidad de la actividad a través del uso de microorganismos de vida libre y simbióticos que fijan el nitrógeno en las plantas, el cual es un proceso de bajo costo y ambientalmente sustentable. Por tal motivo, se colectaron muestras de raíces de frijol con nódulos de los municipios de Ahome y El Fuerte, se incubaron en medio ELMARC a una temperatura de 28 °C, en un periodo de 2 a 10 días para su identificación morfológica y molecular de los aislados encontrados. Se identificaron 4 aislados dentro del género *Pseudomonas*, afirmando que otras bacterias inductoras de nódulos no rizobiales que habitan dentro de los nódulos de las leguminosas participan en la expresión de algunos genes reportados que desencadenan la formación de nódulos y la fijación de nitrógeno atmosférico, que pueden ser usados en los sistemas agrícolas y con ello

contribuir en un futuro a minimizar el uso de fertilizantes nitrogenados inorgánicos, mejorar la sustentabilidad de la tierra y la reducción de los gases de efecto invernadero.

Por su parte, los autores Rodolfo Angel Leyva Reyes, Claudia C. Olivas Olivo y Silvestre Flores Gamboa, en el quinto artículo titulado "La cultura turística local y su contribución al desarrollo y aprovechamiento de los recursos regionales. Caso de estudio; El Cerro Cabezón, Juan José Ríos, Sinaloa, México", presentado por los autores, se argumenta que la cultura turística local debe ser analizada, fortalecida y promovida desde las dimensiones social, económica y ecológica. Asimismo, se destaca su relevancia para la consolidación de destinos en desarrollo, como es el caso de la comunidad de El Cerro Cabezón. Por lo tanto, el objetivo general se determinó de la siguiente manera: analizar la participación de la comunidad en acciones que detonen la actividad turística sustentable, específicamente a través de tres acciones: identificar la postura asumida por la comunidad respecto al cuidado de su entorno, describir los recursos naturales y culturales con los que cuenta la comunidad para promover la actividad turística sustentable, y proponer alternativas que pudieran aplicarse en la comunidad para la adopción y promoción de la cultura turística. En relación con el aspecto metodológico, se realizó un muestreo aleatorio simple sobre la población objeto de estudio, para posteriormente aplicar el instrumento; una encuesta diagnóstica dirigida a los residentes locales. Con respecto a los resultados y conclusiones de la investigación, se determinaron tres dimensiones de valoración; social, económica y ambiental. Como resultado, se determinó la contribución de la cultura turística local en la generación de desarrollo y aprovechamiento de los recursos regionales como alternativa de progreso.

En el penúltimo artículo titulado "Análisis en la percepción de los estudiantes hacia la sostenibilidad ambiental en el Instituto Tecnológico de Los Mochis", presentado por los autores Lennin Enrique Amador-Castro, Román Edén Parra-Galaviz y Esther Graciela Lizárraga-Mata, se aborda que el calentamiento global representa una amenaza latente que nos obliga a tomar conciencia y acciones para cuidar el medio ambiente a nivel local e institucional. En este sentido, este trabajo tiene como objetivo fomentar en los estudiantes una cultura responsable respecto a los recursos institucionales, con la finalidad de apoyar en un esfuerzo integral la formación de una institución sostenible. Los resultados muestran una buena participación de los estudiantes en proyectos de innovación tecnológica; sin embargo, es fundamental continuar creando una conciencia educativa para aprovechar la gestión de los recursos institucionales. Para ello, se realizó un estudio con una muestra aleatoria de estudiantes del Tecnológico Nacional

de México Campus Los Mochis (TecNMLosMochis). A nivel metodológico se presenta una investigación descriptiva utilizando como instrumento de medición un cuestionario en la escala Likert. Se utilizó el software estadístico IBM SPSS para medir la confiabilidad de los ítems a través del alfa de Cronbach y determinar la relación entre las variables mediante la técnica de regresión lineal. En la parte descriptiva se muestra el comportamiento y frecuencia de los datos. Los resultados obtenidos, relacionados con la percepción hacia la sostenibilidad ambiental, fueron favorables; sin embargo, es necesario seguir fomentando una cultura ambiental en los estudiantes de ingeniería.

Y por último, el artículo titulado "Caracterización de abonos orgánicos elaborados de desperdicios de la industria alimentaria en el norte de Sinaloa, México: Una alternativa para las prácticas agrícolas sustentables", presentado por los autores Nataly López-Soto y Jesús Ramón Rodríguez-Apodaca, se aborda el tema de la elaboración de abonos orgánicos a partir de residuos de la industria alimentaria en el norte de Sinaloa, México. Este estudio se enfoca en ofrecer una alternativa sustentable al uso de fertilizantes sintéticos, los cuales pueden tener impactos negativos en los suelos y el medio ambiente. Los autores elaboraron un abono orgánico utilizando una mezcla de desperdicios de maíz de la industria alimentaria, estiércol de vaca y rastrojo de maíz. Este abono fue analizado en laboratorio agrícola para evaluar sus propiedades fisicoquímicas, mostrando resultados favorables como una alta humedad que indica condiciones óptimas para el desarrollo de microorganismos, un pH adecuado, baja conductividad eléctrica y concentraciones de nutrientes dentro de los límites recomendados. Estos resultados sugieren que la producción de abonos orgánicos a partir de residuos de la industria alimentaria puede ser una estrategia efectiva para mejorar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos en la agricultura.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos los autores que han contribuido con sus investigaciones y trabajos a la realización de este número de la revista Ra Ximhai. También agradezco a los revisores por su arduo trabajo y dedicación en la evaluación de los artículos, así como al comité editorial por su invaluable apoyo y orientación en el proceso de publicación. Un agradecimiento especial también a los coordinadores de este número, cuyo esfuerzo y compromiso ha hecho posible la publicación de esta edición. Su colaboración ha sido fundamental para mantener la calidad y el prestigio de nuestra revista. ¡Gracias a todos por hacer posible este logro!

EVALUACIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS - FITORREMEDIACIÓN CON *EICHHORNIA CRASSIPES*

EVALUATION OF A PILOT ARTIFICIAL WETLAND FOR THE TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER - PHYTOREMEDIATION WITH *EICHHORNIA CRASSIPES*

Marco Arturo **Arciniega-Galaviz**; Jeovan Alberto **Ávila-Díaz** y Pedro **Hernández-Sandoval**

Resumen

En México, sólo 36 % de las aguas residuales generadas reciben tratamiento, lo cual crea la necesidad de desarrollar tecnologías para su depuración. Los humedales artificiales son una alternativa de tratamiento debido a su alta eficiencia de remoción de contaminantes y a su bajo costo de instalación y mantenimiento. Se construyó un humedal artificial tipo superficial de cuatro por dos metros y 40 centímetros de profundidad para el tratamiento de aguas residuales con características domiciliarias empleando el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) como planta biorremediadora. El objetivo fue determinar la tasa de remoción de materia orgánica, sólidos totales, sedimentables, disueltos, suspendidos y turbiedad presentes en aguas residuales. Fue posible remover el 53.34% de los sólidos totales (ST), el 59.49 % de los sólidos suspendidos

totales (SST), el 73.68% de los sólidos sedimentables (SS), el 32.92% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), y el 93.52% de la turbiedad. Con los porcentajes de remoción que se obtuvieron, las concentraciones de DBO₅, ST, SST y SS se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles que señala la NOM-002-SEMARNAT-1996, siendo este tipo de tratamientos biológicos viables para eliminar contaminantes presentes en aguas residuales de origen domiciliario.

Palabras clave: macrofitas, remediación, sólidos totales.

Abstract

In Mexico, only 36% of the wastewater generated receives treatment, which creates the need to develop technologies for its purification. Constructed wetlands are a treatment alternative due to their high

Recibido: 21 de marzo de 2024. Aceptado: 2 de mayo de 2024.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 20(3): 17-37.

doi.org/10.35197/rx.20.03.2024.01.ma

contaminant removal efficiency and low installation and maintenance cost. A surface-type artificial wetland measuring four by two meters and 40 centimeters deep was built for the treatment of wastewater with household characteristics using the water lily (*Eichhornia crassipes*) as a bioremediation plant. The objective was to determine the removal rate of organic matter, total solids, settleable, dissolved, suspended and turbidity present in wastewater. It was possible to remove 53.34% of the total solids (TS), 59.49% of the total suspended solids (TSS), 73.68% of

the settleable solids (SS), 32.92% of the Biochemical Oxygen Demand (BOD₅), and 93.52% of turbidity. With the removal percentages that were obtained, the concentrations of BOD₅, ST, SST and SS are below the maximum permissible limits indicated by NOM-002-SEMARNAT-1996, being this type of biological treatments viable to eliminate present contaminants in domestic wastewater.

Keywords: Macrophytes, remediation, total solids.

INTRODUCCIÓN

Para el año 2030 se estima que miles de personas no tendrán acceso al agua potable, debido al aumento demografía en el mundo aunado a la escasez de este líquido vital, por lo que es necesario inversiones en infraestructura en el tratamiento de aguas residuales, es importante la educación en las personas acerca del uso eficiente de los recursos hídricos (ONU, 2022).

El objetivo 6 “Agua Limpia y Saneamiento” de los objetivos de desarrollo sostenible que promueve las Naciones Unidas, tiene como meta incrementar las inversiones y la concientización en los sectores industrial, agrícola, ganadera, comercios y servicios sobre el uso sostenible de los recursos hídricos, por lo que es necesario el desarrollo de tecnologías que eliminen contaminantes del agua y vuelvan a ser usadas, sin tener que descargarlas a los cuerpos en donde dañaran a los ecosistemas acuáticos y a la salud de las personas.

De igual manera para el 2030, es necesario que la calidad del agua mejore al reducir la cantidad y tipo de contaminantes a los cuerpos de agua, controlar las descargas de sustancias químicas y materiales peligrosos, y que la cantidad de aguas residuales tratadas aumente su volumen antes de ser arrojadas a los cuerpos de agua (Naciones Unidas, 2023).

El agua puede ser usada en la agricultura, industria, minería y en los ahogares adquiriendo contaminantes como sólidos, materia orgánica, sustancias químicas, de tal manera que es descargada como un residuo, es importante dar un tratamiento a estas aguas usadas para volverlas a reusar o descargarlas a los ríos, mares o lagos con la finalidad de reducir o eliminar los elementos adquiridos durante su uso (Barba Ho, 2002).

El tratamiento de las aguas residuales, se realiza mediante procesos físicos, químicos y biológicos, que tratan y remueven contaminantes presentes en el agua con el objetivo de reducir el nivel de contaminantes y por lo tanto disminuir los impactos ambientales, salud y calidad de vida. (Ramalho, 1996).

Dentro de los físicos están el cribado, sedimentación, desarenado y filtración, mientras que dentro de procesos químicos están intercambio iónico, electrodiálisis, osmosis inversa, ionización y para tratamientos biológicos está el diseño de humedales artificiales, lagunas de oxidación, lodos activados, reactores biológicos entre otros (Chávez, 2017).

Los humedales artificiales son construcciones que simulan el funcionamiento de un humedal natural, se emplean plantas flotantes, enraizadas o sumergidas que absorberán los nutrientes (materia orgánica) presente en las aguas residuales a tratar, de igual manera en las raíces de las plantas se alojan una gran cantidad de bacterias que degradan la materia orgánica. Los humedales artificiales pueden ser superficiales o subsuperficiales dependiendo la forma en que el agua residual llega al humedal (Hoffman et al, 2011).

Los humedales artificiales son la opción viable para eliminar la materia orgánica, principalmente la que está presente en las descargas de aguas grises procedentes de baños y lavadores y aguas negras que se originan por la descarga de sanitarios (Polo y Torrecillas, 2018).

Para el tratamiento de agua con humedades, el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es una de las especies acuáticas más estudiadas, debido a sus propiedades depuradoras y su alta tasa de reproducción especialmente en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (Alvarado, 1992).

Un humedal artificial se construye realizando una fosa en un terreno y se le coloca un material impermeable para evitar la infiltración al subsuelo, sobre el material se coloca piedra, grava y arena, queda listo para llenarlo de agua y plantas remediadoras. Las plantas se encargan de absorber y degradar la materia orgánica presente en el agua residual. En el humedal ocurren dos mecanismos, el primero es que el sustrato de arena, grava y piedra sirven como un filtro que retienen gran cantidad de sólidos y el segundo mecanismo es un proceso biológico donde las plantas absorben los nutrientes presentes y la materia orgánica y las bacterias en sus raíces degradan la materia orgánica, de tal manera que al final del tratamiento la DBO5 inicial es reducida y el agua se obtiene con poca turbiedad (Rodríguez, 2019).

Rodríguez (1992) en su investigación, demuestra que mediante el uso de plantas acuáticas flotantes se pueden lograr buenas eficiencias en la

remoción de los contaminantes más comunes de las aguas residuales domésticas, siendo el lirio acuático la planta más eficiente, lográndose remociones de hasta 80% en DBO₅.

La *Eichhornia crassipes*, es una planta hidrófita flotante con una tasa de reproducción y crecimiento muy elevado, por lo que se expande por los cuerpos de agua como si fuera un tapete (Rodríguez et al 2021). Es una especie que absorbe, concentra y precipita compuestos como sólidos totales, sólidos suspendidos totales y contaminantes que altera la calidad del agua (Saldarriaga et al, 2011).

El lirio acuático cuenta con raíces sumergidas que van de 50 centímetros hasta 1 metro de largo, es ahí en las raíces, donde se acumulan una gran cantidad de bacterias que degradan la materia orgánica presente en el agua, de igual manera las raíces del lirio absorben de la materia orgánica los nutrientes que requieren para su reproducción y crecimiento, es por eso que las personas tratan de imitar lo el funcionamiento de los humedales naturales al construirlos de manera artificial (Verdejo et al, 2006).

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Se realizó un estudio experimental y descriptivo, la parte experimental consistió en la construcción de un humedal artificial, recolección de las plantas acuáticas, su aclimatación en el humedal, la recolección de muestras de agua tratada y el análisis en el laboratorio para determinar las concentraciones de sólidos totales, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno y turbiedad. La parte descriptiva se llevó a cabo construyendo una base de datos con los resultados obtenidos de los análisis con los cuales se elaboraron graficas de se obtuvieron distribuciones de frecuencias. Antes de llevar a cabo la parte experimental se realizó una revisión bibliográfica con las palabras clave: tratamiento de aguas, humedales artificiales, sólidos totales, construcción de un humedal, análisis de agua, en sistemas de indización como Scielo, Redalyc, Redib y Doaj, en directorios y catálogos como Latindex, Google académico, principalmente en artículos realizados en México y países de Latinoamérica.

Diseño y operación del humedal artificial

Para la construcción del humedal artificial, se niveló el piso para evitar el hundimiento del suelo. Se utilizó tubería de PVC de 1 ½ pulgadas para dirigir la entrada de agua desde el registro hasta el sedimentador y posteriormente al humedal artificial, para prevenir la infiltración del agua residual al subsuelo, fue colocada una membrana de hule negro. Se construyeron dos registros uno en la entrada y salida del humedal con las medidas de 1 metro cuadrado como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Nivelación y construcción del humedal artificial.

La instalación hidráulica del humedal consistió con las diferentes dimensiones 0.45 m de altura, 2 m de ancho y 4 m de largo con una pendiente de 1 grado para permitir el flujo horizontal del agua.

El material que se utilizó como sustrato fue una mezcla de grava papa, grava $\frac{3}{4}$, las plantas que se instalaron en el sistema fueron *Eichhornia crassipes* previamente aclimatadas a las condiciones ambientales del sitio de prueba (Figura 2).



Figura 2. Dimensión y Colocación de grava papa $\frac{3}{4}$.

El agua residual proveniente del registro se conducía a un sedimentador por medio de una bomba sumergible a través de una tubería de PVC de 2 pulgadas, el agua tratada fue la originada en sanitarios.

A la salida del humedal se instaló una llave de paso que permita la toma de muestras de agua y así evaluar la eficiencia de depuración de manera global en el sistema, además de controlar el caudal de agua que ingresa al humedal.

Aclimatacion de *Eichhornia crassipes*

El lirio acuático se recolectó de canales que conducen agua de riego, se sometió a un periodo de aclimatación de 3 a 4 semanas para que la planta se adaptara y se reprodujera en la totalidad del humedal (Figura 3).



Figura 3. Aclimatación de la planta *Eichhornia crassipes*

Funcionamiento del humedal artificial

El tiempo de retención hidráulica fue de 4.5 días, se estimó dividiendo el volumen del agua dentro del humedal almacenada por el flujo de descarga del humedal. Durante la experimentación del tratamiento de agua residual se tomaron medidas de flujo de agua en la salida del humedal dando un promedio de 550 ml / minutos.

Las muestras se tomaron cada semana durante 15 semanas en botellas de plástico de un litro en los diferentes puntos de muestreo: registro sedimentador y salida del humedal artificial (Figura 4).

Siempre se buscó que los muestreos fueran en días donde las actividades de clases, administrativas e intendencia fueran las habituales y de esta manera obtener muestras lo más representativas posibles.



Figura 4. Toma de muestra de agua residual.

Métodos de análisis

Los parámetros que se evaluaron fueron; demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), solidos suspendidos totales (SST), solidos totales (ST), solidos sedimentables (SS) y potencial de hidrógeno (pH). Las muestras de aguas se recolectaron por triplicado en la salida del registro, sedimentador y del humedal. Las muestras se tomaron de acuerdo a la norma mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996 y se analizaron considerando las técnicas establecidas por la normatividad mexicana para análisis de agua, en la Tabla 1 se muestran las NMX para cada parámetro analizado.

Tabla 1. Parámetros analizados en el estudio de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales con *Eichhornia crassipes*

Parámetro	Norma Mexicana (NMX) para análisis de aguas	Nombre de la NMX
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	NMX-AA028-SCFI-2001	Análisis de agua - Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO ₅) y residuales tratadas.
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	NMX-AA-034-SCFI-2001	Análisis de agua - Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas

			naturales, residuales y residuales tratadas
Sólidos Sedimentables (SS)	NMX-AA-004-SCFI-2013		Análisis de agua – Medición de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas
Sólidos Totales (ST)	NMX-AA-034-SCFI-2001		Análisis de agua - Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas
Potencial de Hidrógeno (pH)	NMX-AA-008-SCFI-2011		Análisis de agua - Determinación del pH
Turbiedad	NMX-AA-038-SCFI-2001		Análisis de agua - Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas

Una vez obtenidos los resultados, se construyó una base de datos y se analizaron con el programa Excel para obtener promedios y distribuciones de frecuencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, muestran los promedios de cada uno de los parámetros que fueron analizados (sólidos suspendidos totales, sólidos totales, sólidos sedimentables, DQO₅, pH, turbidez y temperatura) tanto para el registro, sedimentador y humedal artificial.

Sólidos Totales (ST)

En la Tabla 2, se muestra la concentración promedio de ST, el registro tuvo una concentración promedio de 367.8 mg/L, para el sedimentador, su promedio de concentración fue de 243.8 mg/L, y en cuanto al sistema de humedal artificial su concentración promedio de ST fue de 171.6 mg/L, notándose una amplia remoción. Después de analizar el agua ya tratada por el humedal se logró tener una eficiencia total en el sistema de 53.34% de remoción de solidos totales.

Tabla 2. Porcentajes de remoción de solidos totales en el sedimentador y humedal artificial

	Registro	Sedimentador	Humedal Artificial
Promedio (mg/L)	367.8	243.8	171.6
% Remoción	N.A	33.71%	29.61%

Se observan las concentraciones de sólidos totales en las diferentes salidas de los puntos de muestreo, registro, sedimentador y humedal artificial. Existe una ligera variación de los resultados de semana a semana, pudiera influir el número de alumnos y por lo tanto el volumen de descarga de aguas residuales.

Sólidos Suspendedos Totales (SST)

En la Tabal 3, se observa la concentración de SST, en los tres muestreos se aprecia una eliminación de solidos suspendidos totales, lo cual en el registro como resultado promedio es 27.48mg/l y en el sedimentador es de 21.33mg/l respecto a esas concentraciones los sólidos fueron muy altos donde se puede apreciar una baja remoción, mientras en el humedal se obtuvo un promedio de 11.13mg/l, la concentración de SST descendido de igual manera obteniendo una alta remoción de solidos suspendidos totales. El total de remoción de solidos suspendidos totales en el sistema fue de 59.49%.

Tabla 3. Porcentajes de remoción de solidos suspendidos totales en el sedimentador y humedal

	Registro	Sedimentador	Humedal Artificial
Promedio mg/L	27.48	21.33	11.13
% Remoción	N.A.	22.37%	47.81%

La concentración de solidos suspendidos totales en el registro y en el sedimentador fueron muy altos, debido a factores que intervinieron en el sistema como lluvias, vientos muy fuertes, en cuanto a la concentración de SST en el humedal artificial claramente se observa una considerable disminución.

Sólidos Sedimentables (SS)

En la Tabla 4, se muestran los resultados obtenidos al medir las concentraciones de solidos sedimentables (SS) en los 15 muestreos realizados, la concentración en el registro fue de 0.38 mm/L de SS, mientras que en el sedimentador y humedal artificial fue de 0.1. El total de remoción en el sistema fue de 73.68%.

Tabla 4. Porcentajes de remoción de solidos sedimentables en el sedimentador y humedal

	Registro	Sedimentador	Humedal Artificial
Promedio mg/L	0.38	0.1	0.1
% Remoción	N.A.	73.68%	0

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

En la Tabla 5, se representa el promedio de la concentración de demanda bioquímica de oxígeno, del registro se obtuvo un resultado promedio de 11.45mg/l, para el sedimentador 11.0mg/l de concentración de DBO₅ con estos dos primeros resultados se puede observar que se obtuvo una baja disminución de DBO₅, en el tercer punto de muestro que es el humedal, dando como resultado un promedio de concentración de 7.68mg/l de DBO₅ lo cual con este resultado se puede apreciar claramente una disminución considerable comparada con los dos puntos de muestreos anteriores. El total de remoción en el sistema fue de 32.92%.

Tabla 5. Porcentajes de remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el sedimentador y humedal

	Registro	Sedimentador	Humedal
Promedio mg/L	11.45	11.0	7.68
% Remoción	N.A.	3.9%	37.19%

Se puede observar que el mayor porcentaje de remoción se obtuvo en el humedal artificial, ya que la materia orgánica presente en el agua fue absorbida por la planta como nutrientes, además de que las bacterias

alojadas en las raíces realizan la oxidación de la materia orgánica degradándola de esta manera.

Potencial de hidrógeno (pH)

Durante los 15 muestreos realizados, se determinó el potencial de hidrogeno a la salida del sedimentador y del humedal artificial, los promedios en cada punto de muestreo estuvieron alrededor del pH neutro, estando dentro de los límites que señala la norma oficial mexicana, nom-002-ECOL-1996 (Tabla 6).

Tabla 6. Promedio del potencial de hidrógeno (pH) en registro, sedimentador y humedal

PH	REGISTRO	SEDIMENTADOR	HUMEDAL
Promedio mg/L	7.49	7.3	7.1

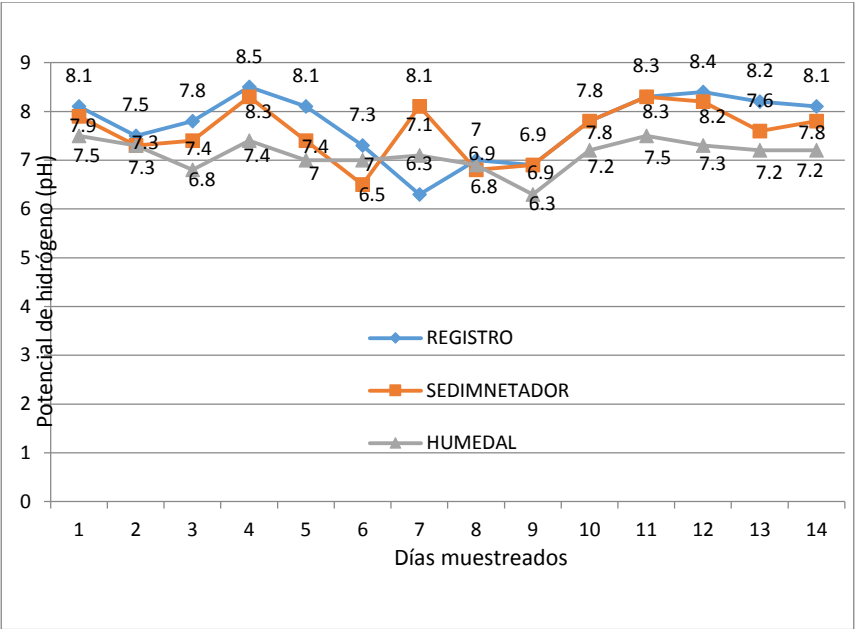


Figura 4. Representación gráfica del comportamiento del pH en el sistema.

La Figura 4 nos muestra el pH de los tres puntos de muestreo registro, sedimentador y humedal artificial durante las 15 semanas. Los valores de pH que se presentaron, algunos estuvieron 8.5, 8.4, y 8.3, y de igual manera algunos por debajo del pH neutro 6.3 y 6.5.

Turbiedad

En la planta piloto para el tratamiento de las aguas residuales la concentración promedio de turbiedad en el efluente del registro fue de 44 UTN.

En el efluente del sedimentador se obtuvo un promedio de 12.63 UTN con esto se puede observar un poco de disminución de turbiedad en el primer sistema de pre tratamiento (Tabla 7).

La turbiedad promedio en el humedal fue de 2.85 UTN, claramente se aprecia una disminución comparada con los dos puntos de muestreo iniciales. El total de remoción en el sistema 93.52%.

Tabla 7. Porcentajes de remoción de turbiedad en el sedimentador y humedal artificial

	Registro	Sedimentador	Humedal
Promedio mg/L	44	12.63	2.85
% Remoción	N.A.	71.36%	77.43%

De acuerdo a los resultados, el mayor porcentaje de turbiedad eliminada, se presentó en el humedal artificial con un 77.43%.

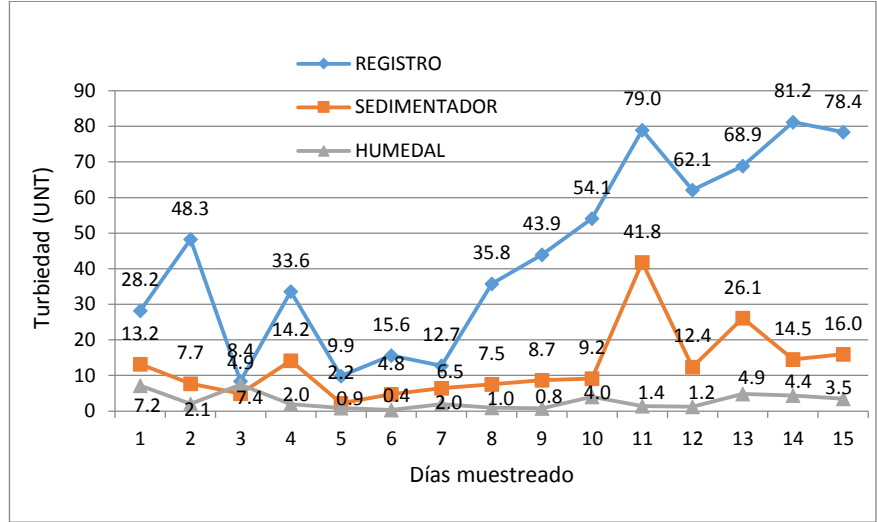


Figura 5. Representación gráfica del comportamiento de turbiedad en el sistema.

En el sedimentador, específicamente en el día 14 se obtuvo una lectura alta (41.8) de las unidades nefelométricas de turbidez (UNT), pero en la mayoría de las muestras la turbiedad fue baja, para el punto de muestreo del humedal artificial hubo lecturas muy bajas como 0.4, 0.9 UNT.

Temperatura

La temperatura fue otro de los parámetros medidos en los 15 muestreos realizados, se presentaron temperaturas entre los 25.2 y 28.2 °C (Tabla 8), los muestreos se realizaron entre los meses de septiembre y febrero.

Tabla 8. Temperaturas promedio en el sistema, registro, sedimentador y humedal

	Registro	Sedimentador	Humedal
Promedio °C	28.25	27.94	25.27

Durante los muestreos, hubo días con temperaturas de hasta 34°C y templadas alrededor de los 20 y 21 °C, no se presentaron variaciones considerables.

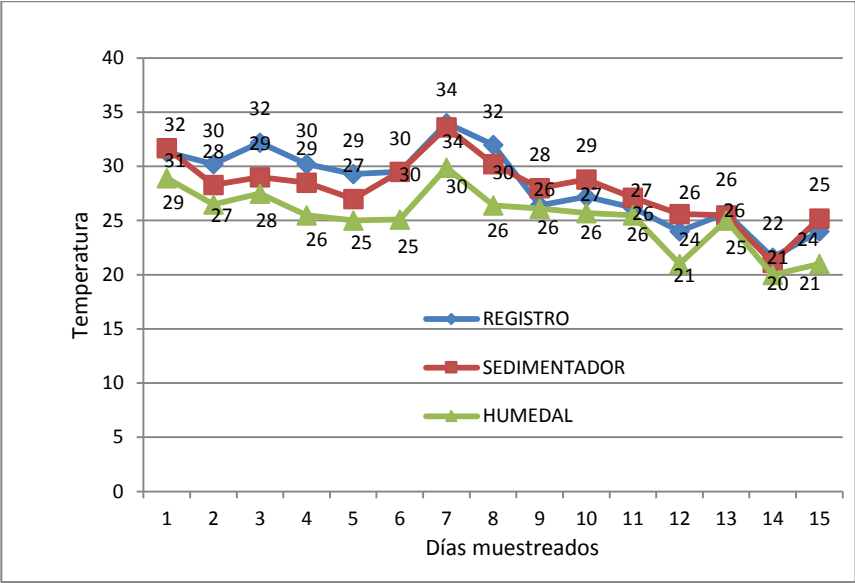


Figura 6. Representación gráfica del comportamiento de temperatura en el sistema.

Existen investigaciones en las cuales evaluaron a la *Eichhornia crassipes* en humedales artificiales para reducir la carga de materia orgánica y solidos presentes en aguas residuales, obteniendo porcentales de remoción de manera considerable. La construcción delos humedales fue diferente para cada investigación y las características de las aguas residuales que fueron tratadas, la Tabla 9, se mencionan algunas de las investigaciones.

Tabla 9. Investigaciones de humedales artificiales usando *Eichhornia crassipes*

Nombre de la investigación	Autores	Resultados
Humedales artificiales como alternativa para mejorar la calidad del agua.	Martínez et al (2006).	71% de eliminación de materia orgánica y 91% y 77% de calcio y cloruro respectivamente.
Uso potencial de la especie vegetal <i>Eichhornia crassipes</i> del humedal artificial de la planta piloto Arturo Pazos.	Yilda Aranza López Pérez (2023).	La remoción de demanda bioquímica de oxígeno fue de 91.74%, en la demanda química de oxígeno (DQO) con 85.32%, en turbiedad un 94.68% y

		en sólidos suspendidos totales (SST) de 98%.
Uso de la <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua) para el tratamiento de aguas residuales domésticas en humedales artificiales	Alvarado Chilcon Janeth y Manayay Peralta Jheyimi (2020)	La <i>Eichhorniaa crassipes</i> , reduce los parámetros tales como la Demanda biológica de oxígeno (DBO) en un 92%, solidos suspendidos 90%, fósforo 97%, nitrógeno 96%.
Assessing water hyacinth (<i>Eichhornia crassipes</i>) and lettuce (pistia stratiotes) effectiveness in aquaculture wastewater treatment.	C. O. Akinbile & Mohd S. Yusoff (2012).	87.05% de reducción de turbiedad se obtuvieron con <i>Eichhornia crassipes</i> .
Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte	Jorge Martelo y Jaime A. Lara Borrero (2012)	Se alcanzan reducciones de DBO ₅ en el orden de 95%, y hasta 90,2% para la DQO. Los sólidos suspendidos disminuyeron entre 21% y 91%. El fósforo total y nitrógeno fueron removidos 91,7% y 98,5% respectivamente

Los resultados de las diferentes investigaciones, el porcentaje de remoción estuvo entre el 70% y 95%, para esta investigación los porcentajes fueron menores, 3.9% en el sedimentador y 37.19% en el humedal, dando un total de 41.09%. El tiempo de retención para esta investigación fue de 4.5 días y las otras investigaciones fue mayor, es necesario aumentar el tiempo de retención, aproximadamente 21 días como se hizo en las otras investigaciones, esto permitirá un mayor tiempo de la materia orgánica en el humedal y por lo tanto aumenta la posibilidad de que sea aprovechado por la panta para degradarla.

El porcentaje de turbiedad de 93.52% de esta investigación es acorde a lo obtenido en por investigaciones de otros autores, 87.05% de Akinbile & Mohd (2012) y 94.68% de Yilda Aranza López Pérez (2023).

El pH se mantuvo entre 6 y 7, ya que como característica principal de las aguas residuales tratadas era la materia orgánica procedente de baños y cocina, por lo que no había descargas de soluciones acuosas con ácidos o bases fuertes. Respecto a la temperatura se mantuvo un promedio de 25°C

ya que las muestras que se tomaron fueron en los meses de septiembre a febrero abarcando meses calientes y fríos.

El sedimentador eliminó sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables antes de llegar al humedal artificial, esto permitió que no se saturara el fondo del humedal con lodos. El agua tratada se condujo a un vivero próximo al humedal, por lo que fue aprovechada para el riego de las plantas dentro de éste.

Cabe mencionar que durante los meses de funcionamiento del humedal fue necesario estar eliminando plantas de lirio, ya que su alta reproducción rebasó las dimensiones del humedal. También con el tiempo se fue poblando de plagas como arañas, renacuajos, ranas, escarabajos pertenecientes al género *Hidrophilus*, lo anterior llevó a realizar actividades de eliminación de las plagas.

CONCLUSIÓN

En el presente estudio se llegó a la conclusión que los humedales artificiales son una alternativa para la reducción de la contaminación generada por aguas residuales, en este caso en particular el lirio acuático resultó muy eficiente en la depuración de las aguas residuales domésticas, obteniendo muy buenos porcentajes en la eliminación y reducción de los parámetros analizados en dicho estudio, un papel importante jugó el sedimentador ubicado antes de entrar el agua residual al humedal artificial, ya que un porcentaje importante de sólidos, materia orgánica fue retenida en ésta etapa.

Se puede afirmar que los humedales artificiales son ecológicamente positivos y pueden contribuir a la protección de hábitat de la fauna y buena integración paisajística.

Debido al éxito que tienen los humedales artificiales en la remoción de materia orgánica, es necesario seguir realizando pruebas utilizando otros tipos de macrófitas ya sea flotantes, sumergidas o soportadas en un sustrato, de igual manera distintos diseños de los humedales ya sean superficiales o subsuperficiales, siempre buscando aumentar el porcentaje de remoción de sólidos y materia orgánica de las aguas residuales.

Se considera importante involucrar a estudiantes en este tipo de proyectos ya sea como tesis, servicio social y en veranos científicos, ya que adquieren conocimientos, habilidades y actitudes que los formaran

como profesionistas que ayudaran a la solución de problemas ambientales en la región y más cuando se trata de cuidar el agua.

LITERATURA CITADA

- Alvarado., C., L. (1992). Utilización de *Eichhornia Crassipes* (Jacintos acuáticos) para la remoción de nitratos y fosfatos de un efluente tratado biológicamente. *Facultad de Ingeniería. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala*, 1992. 35p.
- Alvarado, J. y Manayay, J. (2020). Uso de la *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para el tratamiento de aguas residuales domésticas en humedales artificiales. [Tesis Licenciatura. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. *Universidad Cesar Vallejo*]. Recuperado de: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60126/Alvarado_CJ-Manayay_PJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barba Ho, L. E. (2002). Conceptos basicos de la contaminacion del agua y parametros de medicion. *Universidad del Valle. Santiago de Cali*. Recuperado de: https://pdfixers.com/downloadPage.html?campaign_id=21091048779&adgroup_id=162890864634&placement_id=docplayer.es&creative_id=693564212776&gclid=CjwKCAjwkuqvBhAQEiwA65XxQPVA1qQYyNldiY8DG8vCRebWAaflhBgMj19lsTI33Q2wS4kOwkVQkRoCymMQAvD_BwE
- C. O. Akinbile & Mohd S. Yusoff (2012): Assessing water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and lettuce (*Pistia stratiotes*) effectiveness in aquaculture waste water treatment, *International Journal of Phytoremediation*, 14:3, 201-211
- Chavez, I., G. (2017) Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales.
- Ciencias Industriales. Vol. 3, núm. 1, pp. 536-560. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6134928>
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Santa fe de bogotá, colombia: McGraw-Hill Interamericana, S. A.
- López Pérez, Y. A. (2023). Uso potencial de la especie vegetal *Eichhornia crassipes* del humedal artificial de la planta piloto Arturo

- Pazos. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 18(1), e 1512.
<https://doi.org/10.36829/08ASA.v18i1.1512>
- Martelo, Jorge, & Lara Borrero, Jaime A. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221-243. Retrieved May 25, 2024, from
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-91652012000100011&lng=en&tlng=es.
- Martínez, P., Ramos, M. y Rodríguez, L. (2006). Humedales artificiales como alternativa para mejorar la calidad del agua. III encuentro, participación de la mujer en la ciencia. Recuperado de:
https://congresos.cio.mx/3_enc_mujer/files/extensos/Sesion%203/S3-FMCT03.doc
- Organización de Naciones Unidas. (2022). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de:
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Polo, F., & Torrecillas, S. (2018). Tratamientos biológicos de aguas residuales. *Universidad Politecnica de Valencia*. España. Recuperado de: https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/935a8d7c-2081-4d74-9f7c-bf3ad9e69bb4/TOC_0358_03_03.pdf?guest=true
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80.
- Ramallo, R.S., (2021) “Tratamiento de Aguas Residuales”, Editorial Reverté, Barcelona 1.991. Recuperado de:
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=T9MfEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=tratamiento+de+aguas+residuales&ots=3kFOft_psa&sig=WObvIYLnewxA70_OIgDEX2Lyijs#v=onepage&q=tratamiento%20de%20aguas%20residuales&f=false
- Rodríguez C. et al (1992) Determinación de los parámetros de operación de canales para la depuración de las aguas residuales mediante el jacinto de agua. *Informe Técnico a la Academia de Ciencias de Cuba*.
- Rodríguez, L. (2019). Humedal artificial: una propuesta para el manejo de aguas residuales. Noticias. Ciencia y Tecnología. Universidad de Costa Rica Recuperado de: <https://www.ucr.ac.cr/noticias>

/2019/02/15/humedal-artificial-una-propuesta-para-el-manejo-de-
aguas-residuales.html

Rodríguez-Lara, J. W., Cervantes-Ortiz, F., Arambula-Villa, G., Mariscal-Amaro, L. A., Aguirre-Mancilla, C. L., & Andrio-Enríquez, E. (2021). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): A review. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1), 44201. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44201>

Saldarriaga, Julio César, Hoyos, Dora Ángela, & Correa, Mauricio Andrés. (2011). EVALUACIÓN DE PROCESOS BIOLÓGICOS UNITARIOS EN LA REMOCIÓN SIMULTÁNEA DE NUTRIENTES PARA MINIMIZAR LA EUTROFIZACIÓN. *Revista EIA*, (15), 129-140. Retrieved March 21, 2024, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372011000100011&lng=en&tlng=es.

Verdejo, E., Palmerin, J., Aibar, J., Cirujeda, A., Taberner, A. y Zaragoza, C. (2006). Plantas Invasoras. El lirio de agua *Eichhornia crassipes*. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. España. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_FSV%2FFSV_2006_1_1_8.pdf

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a Benjamin Aguirre Escalante, Rigoberto Luque Domínguez y Jesus Vivian Leyva Padilla, alumnos egresados del programa educativo de Ingeniería Ambiental de la Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Los Mochis, los cuales participaron en la investigación y obtuvieron sus títulos como Ingenieros Ambientales, siempre mantuvieron una actitud proactiva, entusiasta y de colaboración.

SÍNTESIS CURRICULAR

Marco Arturo Arciniega Galaviz

Doctor en Desarrollo Sustentable de Recursos Naturales, Departamento Académico de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Occidente, MÉXICO. Reconocimiento a Perfil Deseable en el año 2022 por

el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP). Perteneciente al Cuerpo Académico en Formación “Ciencia ambiental y aprovechamiento sustentable de recursos naturales”. Reconocimiento como Candidato al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) noviembre de 2022 por el CONAHCyT. Líneas de Investigación: Prevención y control ambiental, Manejo sustentable de recursos biológicos. Correo electrónico: marco.arciniega@uadeo.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8532-7130>

Jeovan Alberto Ávila Díaz

Doctor en Sustentabilidad, Departamento Académico de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Occidente, MÉXICO. Reconocimiento a Perfil Deseable en el año 2022 por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP). Perteneciente al Cuerpo Académico en Formación “Ciencia ambiental y aprovechamiento sustentable de recursos naturales”. Reconocimiento como Candidato al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) noviembre de 2022 por el CONAHCyT. Líneas de Investigación: Prevención y control ambiental, Manejo sustentable de recursos biológicos. Correo electrónico: jeovan.avila@uadeo.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7692-4547>

Pedro Hernández Sandoval

Doctorado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Departamento Académico de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad Autónoma de Occidente, MEXICO. Reconocimiento a Perfil Deseable por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP). Perteneciente al Cuerpo Académico en Formación “Ciencia ambiental y aprovechamiento sustentable de recursos naturales”. Reconocimiento como investigador Nivel 1 por al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del CONAHCyT Líneas de Investigación: Prevención y control ambiental, Manejo sustentable de recursos biológicos. Correo electrónico: pedro.hernandez@uadeo.mx ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7005-4555>

COMPETITIVIDAD EN LAS EMPRESAS EXPORTADORAS DE TOMATE SINALOENSE

COMPETITIVENESS IN SINALOAN TOMATO EXPORTING COMPANIES

Ivette Selene **Marañón-Lizárraga** y Jerjes Izcoatl **Aguirre-Ochoa**

Resumen

El artículo se enfoca en la identificación de los factores clave que afectan la competitividad de las empresas que exportan tomates en Sinaloa, México. Se realizó una revisión de la literatura para seleccionar las variables relevantes, entre las cuales se incluyen calidad, precio, mano de obra, tecnología, canales de distribución, mercado, gobierno y gestión ambiental. Se desarrolló un instrumento de medición con 49 ítems, el cual se aplicó a puestos clave en estas empresas. La validez del instrumento se evaluó utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach, y se realizó un análisis estadístico inferencial para determinar las tendencias de los datos. Además, se llevó a cabo una regresión lineal múltiple para evaluar la relación entre las variables. Los resultados indican que todas las variables tienen un impacto positivo y significativo en la competitividad de estas empresas en el mercado de exportación, destacando

especialmente la calidad y la mano de obra como factores más influyentes.

Palabras clave: factores, instrumento de medición, regresión lineal múltiple.

Abstract

The article focuses on the identification of the key factors that affect the competitiveness of companies that export tomatoes in Sinaloa, Mexico. A literature review was conducted to select relevant variables, including quality, price, labor, technology, distribution channels, market, government, and environmental management. A measurement instrument with 49 items was developed, which was applied to key positions in these companies. The validity of the instrument was evaluated using Cronbach's Alpha coefficient, and an inferential statistical analysis was performed to determine data trends. Additionally, multiple linear regression was carried out to evaluate the

relationship between the variables. The results indicate that all variables have a positive and significant impact on the competitiveness of these companies in the export market, especially highlighting

quality and labor as the most influential factors.

Keywords: factors, measuring instrument, multiple linear regression.

INTRODUCCIÓN

Sinaloa destaca como uno de los estados más relevantes en términos económicos debido a su destacada producción agrícola, lo que le ha valido el apodo de "granero de México" por su contribución sobresaliente a la producción nacional de alimentos. Entre los cultivos más destacados se encuentran el maíz, trigo, tomate, chile, frijol, soja y caña de azúcar. Además, es reconocido como uno de los principales productores globales de hortalizas de invernadero como el tomate, pepino y pimiento.

Este estudio se enfoca específicamente en el tomate, que coloca a México en la cúspide como exportador a nivel mundial. Es fundamental considerar que el tomate se cultiva en una amplia gama de climas y regiones geográficas, lo que contribuye a su diversificada producción global. Además, el tomate es un elemento esencial en numerosas dietas y se emplea de diversas formas, fresco, enlatado, en salsas y en productos procesados, lo que incrementa su demanda a nivel global.

El objetivo de este artículo radica en comprender el impacto de factores como calidad, precio, mano de obra, tecnología, canales de distribución, mercado, gobierno y gestión ambiental en la competitividad de las empresas exportadoras de tomate en Sinaloa, considerando que este estado es el principal productor y exportador de esta hortaliza.

El artículo está estructurado en cuatro secciones. La primera aborda el contexto actual del tomate a nivel mundial, nacional y estatal. La segunda sección detalla los métodos y técnicas de investigación utilizados, incluyendo la operacionalización de las variables y la recolección de datos. La tercera sección se centra en los resultados obtenidos, seguido de su discusión, y finalmente, se presentan las conclusiones derivadas del estudio.

Contexto actual del tomate

Tomate a nivel mundial

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2022), China encabeza la producción mundial de tomate, seguida por India, con una producción bruta de 36,040,899 y 6,721,973 miles de USD en 2020, respectivamente. Por otro lado, México ocupando el décimo lugar cuenta con niveles de producción de tomate muy similares a Egipto durante el periodo de 2013 a 2015 (Figura 1).

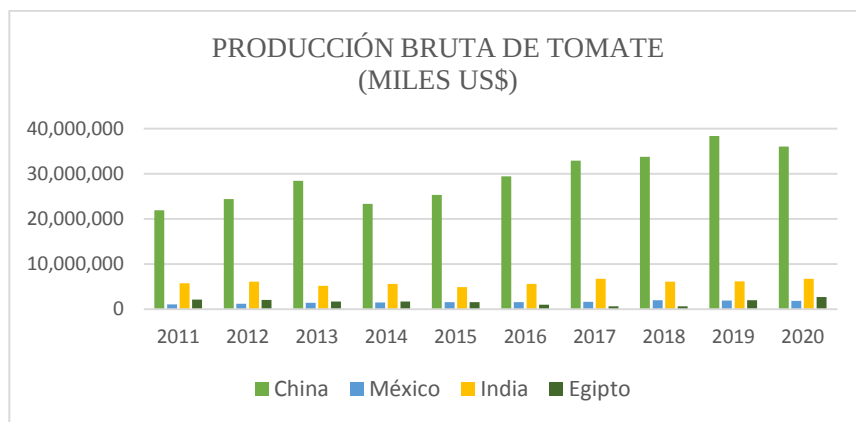


Figura 1. Producción bruta de tomate entre los principales productores a nivel mundial periodo 2011-2021.

Fuente: Base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAOSTAT) (2022).

De acuerdo con Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), 2017, China es el principal productor y consumidor más importante de esta hortaliza, mientras que EE. UU. es considerado el principal importador y México el principal exportador de tomate.

Según el Observatorio de Complejidad Económica (OEC, por sus siglas en inglés) en el 2021, México lideró las exportaciones de tomates a nivel mundial, seguido por Países Bajos, España, Marruecos y Canadá (Figura 2).



Figura 2. Exportación de tomate a nivel mundial (2021).

Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio de Complejidad Económica (OEC) (2021).

Se proyecta que para el año 2030, la demanda mundial de tomate aumentará de 8.92 a 11.78 mil millones de toneladas (MMt), lo que equivale a un crecimiento acumulado del 32.10%. Mientras tanto, la capacidad de producción nacional de tomate se espera que aumente de 3.35 a 7.56 MMt, representando un crecimiento acumulado del 125.80%. Ante este escenario, según datos de SAGARPA (2017), se considera viable destinar 2.06 MMt para el consumo nacional y 5.50 MMt para las exportaciones.

De acuerdo con lo anterior podemos decir que México es un importante exportador de tomates, especialmente hacia los Estados Unidos. Las condiciones climáticas favorables y la capacidad para cultivar tomates durante todo el año contribuyen a su posición como un actor clave en el mercado de exportación.

Tomate a nivel nacional

El principal destino del tomate mexicano es Estados Unidos, seguido de Canadá y Japón. En la Tabla 1 podemos observar los productos

agroalimentarios que México exporta a los Estados Unidos, donde el tomate ocupa el segundo lugar.

Tabla 1. Principales productos agroalimentarios de México importados por Estados Unidos (2020-2021)

Producto	Mill dólares			Miles de unidades		
	2020	2021	Var %	2020	2021	Var %
Cerveza (KL)	619.8	636.0	2.6	465.7	464.8	-0.2
Tomate (LITPF)	535.9	520.6	-2.8	327.2	367.5	12.3
Tequila (MT)	291.1	433.4	48.9	26,096.6	28,079.8	7.6
Aguacate (MT)	506.9	411.3	-18.9	197.1	227.7	15.5
Fresa (MT)	334.0	394.7	18.2	70.4	77.7	10.3
Pimiento (MT)	357.2	387.3	8.4	243.6	267.1	9.7
Frambuesa y zarzamora (NO)	292.2	294.8	0.9	37.9	39.7	4.7
Arándanos (MT)	67.3	132.2	96.4	10.5	13.3	26.4
Pepino (MT)	158.6	131.0	-17.4	180.7	176.4	-2.3
Ganado bovino en pie (MT)	140.4	123.6	-12.0	205.0	190.6	-7.0
Suma	3,303.4	3,464.9	4.9			
Total, de exportaciones	5,973.0	6,239.9	5.4			
% del total	55.3%	55.1%				

Fuente: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2021), con información de Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2021), podemos observar que el tomate tuvo una baja en la variación del -2.8% en cuanto a millones de dólares estadounidenses (USD), mientras que en los miles de unidades exportadas se ve una variación positiva de 12.3%. Esto quiere decir que las ventas disminuyeron en términos de valor, pero el volumen de exportación fue mayor del 2020 al 2021.

En la Figura 3 se puede observar el volumen de producción de tomate en México en el periodo 2009-2020, en la cual se ve que a partir del 2013 hay una tendencia a la alza en la producción hasta el 2019 cuando empieza a disminuir la producción en México, y en el 2020 también se puede observar una ligera caída en comparación con el año anterior, se especula que esto pudo ser resultado de la contingencia que se dio a nivel global, la pandemia del Corona Virus Disease 2019 (COVID-19), la cual afectó a los productores, jornaleros, cadena de suministro, etc., afectando los principales factores que intervienen en la competitividad de la producción del tomate en el país.

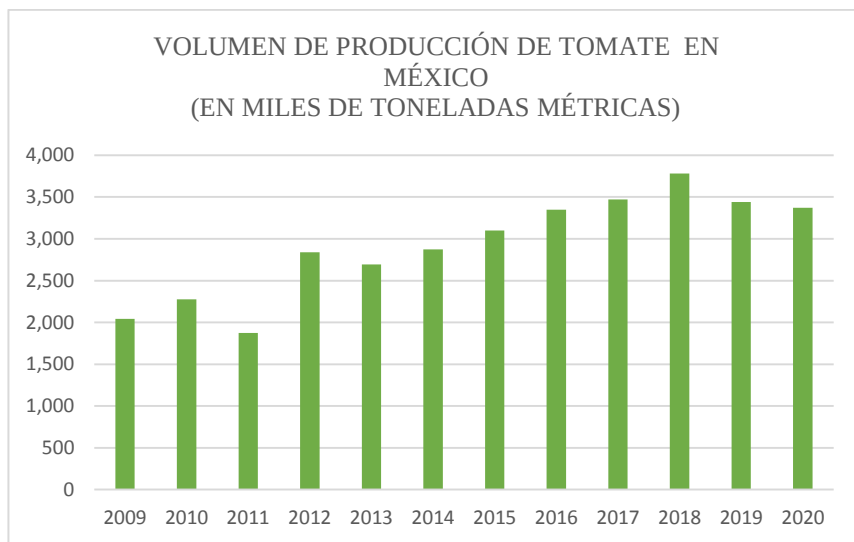


Figura 3. Volumen de producción de tomate en México (2009-2020).

Fuente: Elaboración propia. Departamento de Investigación Estadística (2021).

Otra problemática que se encontró son los canales de suministro, ya que debido a la contingencia de la pandemia COVID-19, hay líneas que han parado completamente, lo que genera problemas de abasto. Entonces esto también conlleva problemas en el tema logístico, la disponibilidad de personal, fracturas en la cadena de suministro, entre otros.

También las plagas y enfermedades pueden representar una amenaza constante para los cultivos de tomate. La fluctuación de los precios del tomate en los mercados tanto factores económicos como cambios en la demanda del mercado y las políticas comerciales pueden generar preocupación en los agricultores. Así como la falta de infraestructura

agrícola adecuada y la adopción limitada de tecnologías modernas afectan la eficiencia y la productividad en la producción de tomate.

Sin embargo, a pesar de la disminución de producción de tomate debido a la contingencia mundial del COVID-19 y sus variantes, así como a las afectaciones del clima, sigue siendo el principal exportador de tomates; es por ello que, es muy importante identificar cuáles son los principales factores que establecen la competitividad de las empresas exportadoras para poder implementarlos y fortalecerlos.

Tomate a nivel estatal

En cuanto al valor anual de producción del tomate en México, según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), (2020), Sinaloa cuenta con los mayores montos, seguido por San Luis Potosí, Baja California, Zacatecas y Jalisco (Figura 4).

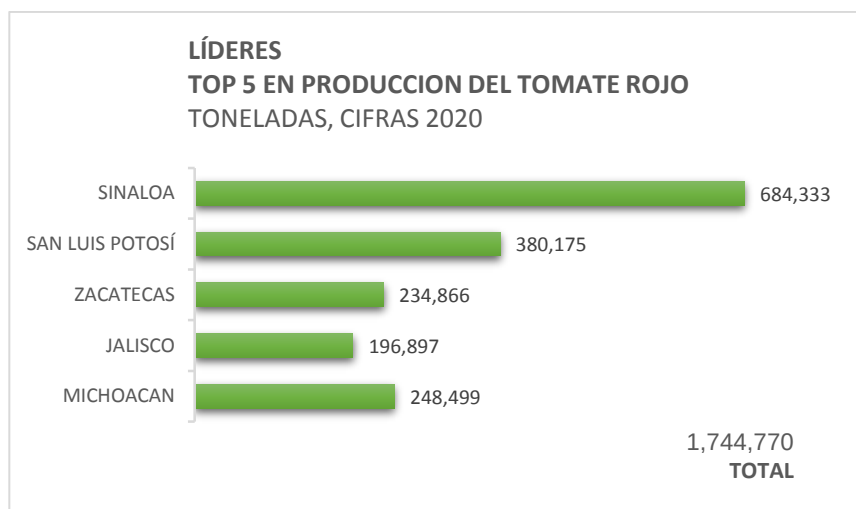


Figura 4. Líderes en producción de tomate.

Fuente: Elaboración propia. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)–Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) (2020).

El estado de Sinaloa ha experimentado un notable desarrollo agrícola en las últimas décadas. La adopción de tecnologías modernas y prácticas avanzadas ha impulsado la productividad y la rentabilidad del sector. La agricultura de precisión, la tecnificación de sistemas de riego y el uso de

invernaderos son ejemplos de innovaciones que han contribuido al crecimiento agrícola del estado.

En el estado de Sinaloa, México, la producción de tomate ha evolucionado hacia prácticas que no solo garantizan la rentabilidad económica, sino que también protegen los recursos naturales y promueven el bienestar social.

Es por esto que la agricultura en Sinaloa es un sector clave para la economía del estado y al mismo tiempo para el país, sin embargo, existen diferentes factores que influyen para que Sinaloa continúe posicionándose como principal productor de esta hortaliza, lo que a su vez lo destaca como entidad competitiva del país.

Conocer los factores que propician la competitividad proporciona información valiosa sobre el rendimiento económico y la contribución al producto interno bruto (PIB) regional. A su vez, medir la competitividad de manera constante, permite a las empresas y a la región adaptarse a las tendencias del mercado, afrontar desafíos y capitalizar oportunidades emergentes.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez que se ha delineado claramente el planteamiento del problema se procede a visualizar de manera específica cómo abordar las preguntas de investigación y aplicarlas al contexto particular del estudio.

Para el análisis del presente artículo, se utilizó una escala tipo Likert con el objetivo de evaluar opiniones y actitudes. Likert (1932), lo define como un método de escalamiento que sirve para el uso de preguntas en una escala de respuesta, lo que permite que la persona encuestada declare su grado de acuerdo o desacuerdo.

Así mismo, menciona que se deben seguir dos etapas para la construcción de una escala de este tipo:

1. Selección de los enunciados: En esta parte todos los enunciados deben redactarse como conductas deseables, deben ser claros y concisos, de tal forma que no sean ambiguos.
2. Construcción de la escala: Se recomienda que se elaboren más enunciados de los que realmente se usaran, debido algunos pueden resultar innecesarios para el análisis, también se debe de realizar una prueba correlacional para saber si los valores numéricos son

asignados correctamente, y si el enunciado no mide lo que debería de medir se debe eliminar del resto de los enunciados.

Así que primero se realizó la operacionalización de las variables para determinar los indicadores que ayuden a medir las variables a investigar (Tabla 2).

Tabla 2. Operacionalización de las variables

Variable Dependiente	Dimensión	Indicadores	Ítem		
Competitividad Exportadora	Ventas	Porcentaje de ingresos anuales producto de las exportaciones	1		
		La visión y misión de la empresa incluyen el desempeño exportador	3		
	Habilidades exportadoras	Conocimiento del proceso exportador	4		
		Conocimiento del proceso exportador	2		
		Comunicación	5		
		Resolución de conflictos	8		
			6		
	7				
Variables independientes	Dimensiones	Indicador	Ítem		
Calidad	Normas fitosanitarias	Auditorias	9		
			12		
		Certificaciones	10		
				11	
				13	
	Precio	Competencia	Precio de venta	14	
				15	
			Rentabilidad	16	
					17
					18
Tecnología	Innovación	Técnicas	19		
			20		
		Herramientas	21		
			22		
	Inversión	Insumos	23		
				24	

		Productivos	25
			27
Mano de obra	Capacitación	Habilidad	28
			29
		Fiabilidad	26
			30
Canales de distribución	Distribución en el extranjero	Administración de canales de distribución	31
			32
		Estudios de mercado	33
			34
Mercado	Segmento de mercado	Comportamiento	35
		Rentabilidad	36
		Demanda	37
		Unidades potencialmente vendidas	
		Grado de participación	38
	Comercialización	Estrategias de ventas	39
		Estrategias de precios	40
Gobierno		Programas de apoyo	Incentivos fiscales
	Financiamiento		42
	Subsidios		43
		Desarrollo del sector	44
Gestión ambiental	Certificación	Regulaciones ambientales	45
		ISO 14001	46
	Procesos productivos	Utilización de recursos	47
		Niveles de contaminación	48
		Desechos	49

Fuente: Elaboración propia con base en el Marco Teórico.

Como podemos observar en la Tabla 2 se encuentra la operalización de las variables donde en la primera columna están las variables utilizadas en la presente investigación, cada una con sus respectivas dimensiones, indicadores e ítems. En el caso de la variable competitividad exportadora se tomó en cuenta las dimensiones ventas y habilidades exportadoras donde se considera si un porcentaje de ventas anuales depende de las exportaciones y si esta cuenta con los conocimientos necesarios para llevar a cabo una adecuada exportación de tomate. Por otro lado, está la variable calidad con la dimensión de normas fitosanitarias para saber si la empresa cumple con las auditorias y a su vez cuenta con certificaciones internacionales. Así mismo la variable precio, con la dimensión de competencia, donde los indicadores son el precio de venta del producto y la rentabilidad. Siguiendo

con la variable tecnología con las dimensiones innovación e inversión, la variable mano de obra con la dimensión de capacitación a los trabajadores. Continuando con canales de distribución donde la dimensión es distribución en el extranjero, la variable siguiente es mercado, donde se hace referencia a la segmentación de mercado, demanda y comercialización. Finalmente se encuentran las variables gobierno y gestión ambiental, con programas de apoyo y certificación respectivamente.

Las posibles respuestas de la escala tipo Likert fue la siguiente:

- 5 → Totalmente de acuerdo
- 4 → De acuerdo
- 3 → Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 2 → En desacuerdo
- 1 → Totalmente en desacuerdo

Cada una de las variables tiene diferente número de ítems, por lo tanto, pueden obtener diferente tipo de puntuación, como se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de respuesta de prueba piloto

Variables	Valores de respuesta	
	Valor Mínimo	Valor Máximo
Competitividad	8	40
Calidad	5	25
Precio	5	25
Tecnología	7	35
Mano de obra	5	25
Canal de distribución	4	20
Mercado	6	30
Gobierno	4	20
Gestión ambiental	5	25
Total	49	245

Fuente: Elaboración propia (2022).

Una vez que se realizó el instrumento de medición se prosiguió a recabar la información llevando a cabo la aplicación del instrumento. El universo de esta investigación está integrado por las empresas exportadoras de tomate en el estado de Sinaloa, México. Que de acuerdo con la Confederación de Asociaciones Agrícolas de Sinaloa (CAADES), 2023, indica que son 120

las empresas que exportan esta hortaliza en particular. Entonces, se optó por realizar un muestreo probabilístico donde el instrumento para recopilar la información se pretendió aplicar a todas las empresas para tratar de recabar el mayor número de participantes posibles.

Entonces, se aplicó un instrumento por empresa, los sujetos participantes ocupaban puestos clave como gerentes, directivos y encargados del departamento de comercio internacional, esto dependió de la disponibilidad de los participantes.

Se prosiguió a ponerse en contacto con ellos para ver si permitían llevar a cabo la aplicación de dicho instrumento, sin embargo, hubo empresas que no permitían visitas y/o tienen prohibido compartir información. Así que, del total de empresas exportadoras del universo solamente se prestaron a participar 50 de ellas. De ese número de participantes 86% fueron hombres y el resto mujeres.

Esta recopilación de información fue por diferentes medios, principalmente por vía correo electrónico y algunos fue de manera presencial. Los que contestaron de manera presencial fue por cuestiones de cercanía en cuanto a la ubicación y disponibilidad de los encuestados, mientras que los que contestaron por vía correo electrónico fue debido a que la mayoría de las empresas exportadoras de tomate se encuentran en el municipio de Culiacán y alrededores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez que se llevó a cabo la aplicación del instrumento a las 50 empresas, se realizó un análisis Alfa de Cronbach, el resultado que se obtiene de esta prueba es un coeficiente que demuestra que tan confiable es un instrumento de medición, a su vez confirma que se obtienen los resultados que se pretenden medir y que no exista confusión sobre su fiabilidad en la investigación.

El coeficiente de Alfa de Cronbach oscila entre 0 y 1. Se sabe que, si el resultado se encuentra más próximo al 1, significa que los ítems serán más consistentes entre sí. Como se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 4. Valoración de la fiabilidad de ítems según el coeficiente Alfa de Cronbach

Intervalo al que pertenece el coeficiente de Alfa de Cronbach	Valoración de la fiabilidad de los ítems analizados
[0 ; 0.5]	Inaceptable
[0.5 ; 0.6]	Pobre
[0.6 ; 0.7]	Débil
[0.7 ; 0.8]	Aceptable
[0.8 ; 0.9]	Bueno
[0.9 ; 1]	Excelente

Fuente: Chaves y Rodríguez (2018).

La información recopilada se procesó en el programa SPSS; dando como resultado la siguiente información (Tabla 5):

Tabla 5. Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	50	100.0
	Excluido ^a	0	.0
	Total	50	100.0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Tabla 6. Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.926	49

Como podemos ver en la Tabla 6, el coeficiente de Alfa de Cronbach es de 0.926, que de acuerdo con el intervalo al que pertenece el coeficiente en la valoración de fiabilidad, el valor anteriormente obtenido se encuentra en la valoración de excelente.

Así mismo, se realizó un análisis de estadística descriptiva de las respuestas de cada una de las variables, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 7. Análisis de datos para Estadística Descriptiva

	Competiti vidad	Cali dad	Pre cio	Tecnol ogía	Ma no de Obr a	Canales de Distribu ción	Merc ado	Gobie rno	Gestió n ambie ntal
Media	4.46	4.56	4.20	4.25	4.48	4.32	4.19	3.72	3.77
Error típico	0.07	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.08
Median a	4.56	4.60	4.20	4.43	4.60	4.38	4.33	3.75	3.80
Moda	5.00	5.00	4.80	4.43	4.40	4.50	4.33	4.25	4.00
Desvia ción estánda r	0.47	0.37	0.52	0.42	0.48	0.41	0.41	0.52	0.54
Varianz a de la muestra	0.22	0.14	0.27	0.18	0.24	0.17	0.17	0.27	0.29
Curtosi s	-0.86	-1.24	-	-0.65	2.89	-0.22	-0.17	-0.53	0.51
Coefici ente de asimetr ía	-0.56	-0.22	-	-0.56	-	-0.49	-0.53	-0.08	-0.60
Rango	1.50	1.20	2.00	1.57	2.20	1.75	1.83	2.25	2.40
Mínim o	3.50	3.80	3.00	3.43	2.80	3.25	3.17	2.75	2.60
Máxim o	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Suma	223.13	228.20	210.20	212.57	224.00	215.75	209.67	185.75	188.40
Cuenta	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Fuente: Elaboración propia con base en las respuestas de encuestas aplicadas.

Y tras analizar los datos recopilados para la estadística descriptiva, se puede observar que la mayoría de las empresas ha expresado su acuerdo, ya sea parcial o total, en todas las variables, con la excepción de las cuestiones

relacionadas con el gobierno y la gestión ambiental. Estos resultados sugieren que perciben un respaldo gubernamental insuficiente y anhelan mayores subsidios.

Asimismo, en el ámbito de la gestión ambiental, indican la necesidad de mejorar aspectos como la utilización de empaques respetuosos con el medio ambiente y la reutilización de residuos. Mientras que en las demás variables la mayoría de las empresas cumplen con los indicadores establecidos.

Otra observación que podemos hacer es que en las preguntas de la variable competitividad y la variable calidad, la respuesta “Totalmente de acuerdo” es la más frecuente.

Podemos resaltar que la curtosis es negativa en la mayoría de las variables, indicando que la distribución es platicúrtica, es decir que las respuestas son dispersas en las empresas encuestadas. Sin embargo, en las variables mano de obra y gestión ambiental, la curtosis es positiva, indicando que la distribución es leptocúrtica, es decir que no hay dispersión en las respuestas de estas variables.

Ahora bien, otro dato que podemos señalar es el coeficiente de asimetría negativa en todas las variables, lo cual indica que la distribución de las respuestas de los encuestados es asimetría negativa, el sesgo es a la izquierda, lo que muestra que la concentración de los datos es en los valores superiores de las respuestas.

Para finalizar se realizó un análisis de regresión lineal múltiple en el programa IBM SPSS Statistics 26 con la misma base de datos obteniendo los resultados siguientes:

Tabla 8. Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	.760 ^a	.577	.495	.331542

a. Predictores: (Constante), GA, CAL, CDD, MDO, PRE, GOB, MER, TEC.

En este primero cuadro podemos apreciar el valor de R que es el coeficiente de correlación (.760), la cual indica una correlación positiva entre las variables involucradas en la regresión lineal múltiple. La R cuadrada indica que aproximadamente el 57.7% de la variabilidad total en la variable dependiente es explicada por las variables independiente.

Tabla 9. ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	6.157	8	.770	7.002	.000 ^b
	Residuo	4.507	41	.110		
	Total	10.664	49			

a. Variable dependiente: COMP.

b. Predictores: (Constante), GA, CAL, CDD, MDO, PRE, GOB, MER, TEC.

En el cuadro del ANOVA, en la columna de la significancia, se ve que se rechaza la hipótesis nula del ANOVA, lo que significa que al menos una variable independiente tiene un efecto significativo en la variable dependiente, dicho de otra manera, el modelo en su conjunto es útil para explicar las variaciones de los datos observados.

Tabla 10. Coeficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	-.448	.704		-.636	.528
	CAL	.486	.155	.388	3.144	.003
	PRE	.100	.127	.110	.787	.436
	TEC	.058	.192	.052	.302	.764
	MDO	.329	.128	.342	2.576	.014
	CDD	.005	.157	.004	.032	.975
	MER	.039	.177	.034	.220	.827
	GOB	.015	.132	.016	.113	.911
	GA	.083	.130	.095	.636	.528

a. Variable dependiente: COMP.

Por último, en la Tabla de coeficientes, que se considera la más importante, se aprecia en la t student o el nivel de significancia las variables que cumplen con los criterios que son estadísticamente significativas, como

lo son la variable calidad y mano de obra, lo que significa que estas variables influyen en la competitividad de las empresas exportadoras de tomate en Sinaloa, México.

Mientras que por ejemplo si se quiere analizar el coeficiente de la variable independiente precio, el cual es .100, sugiere que por cada aumento de la unidad en la variable competitividad, la variable precio aumenta en .100. Al ser un coeficiente positivo, esto indica una relación positiva entre el precio y la competitividad.

El modelo que se ajusta a los datos es el siguiente:

$$\text{Competitividad} = -.448 + .486 \text{ Calidad} + .100 \text{ Precio} + .058 \text{ Tecnología} + .329 \text{ Mano de obra} + .005 \text{ Canales de distribución} + .039 \text{ Mercado} + .015 \text{ Gobierno} + .083 \text{ Gestión ambiental}$$

Podemos decir, que la competitividad del tomate revela un panorama complejo y dinámico en el sector agrícola. Contrastando los resultados con otras investigaciones sobre la competitividad del tomate a nivel internacional (Acosta e Iterián, 2017; Aksoy y Caglar, 2021; Capobianco et al, 2021; Crespo y Plzáková, 2018; Delgado, 2019; Flores y Miranda, 2017; Martínez, 2019; Montaña et al, 2021; Qtaishat, 2022), mencionan que el acceso a mercados internacionales, la eficiencia logística y la innovación en la cadena de suministro son elementos cruciales que determinan la posición de un país o región en la competencia global por el mercado del tomate. Así como la intensificación en la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y la implementación de tecnologías de vanguardia, lo que ha contribuido a aumentar la productividad y la calidad de los tomates producidos. Sin embargo, la competencia global también ha destacado desafíos, como las fluctuaciones en los precios internacionales, las barreras comerciales y la presión ambiental.

En un estudio que hace Delgado (2018), sobre la competitividad del tomate mexicano en la Unión Europea, se observa que los comportamientos de las series de datos de la variable precio y tipo de cambio aumentaron al mismo tiempo que los datos de los indicadores de competitividad aumentaron, por lo que cuentan con una relación positiva y fuertemente significativa, esto se basa en que el tipo de cambio, al ser menor el del país exportador, abarata el bien en el mercado de destino o importador, que a su vez, genera una mayor competitividad en relación a los demás países

participantes en competencia por una cuota de mercado, y que además, tenga una paridad entre el tipo de cambio con el país importador.

Ahora, diversos estudios (Cañez, 2016; Frías, 2007; Hernández et al, 2004; Morales, 2007; Soler, 2007) sobre la competitividad del tomate en el estado de Sinaloa, México, indican que la competitividad de la producción de tomates está fuertemente influenciada por factores como la tecnología agrícola, la infraestructura, las políticas gubernamentales y las condiciones climáticas. Además, la diversidad en los sistemas de producción, desde la agricultura industrializada hasta la agricultura familiar, agrega complejidad al panorama competitivo.

El análisis de investigaciones sobre la competitividad del tomate abarca una variedad de aspectos, desde factores de producción y costos hasta calidad, mercados, políticas y sostenibilidad. La integración de estos factores en estrategias de producción y comercialización puede mejorar la competitividad del tomate en los mercados globales. Así mismo, este análisis destaca la necesidad de estrategias adaptativas y colaborativas a nivel mundial para enfrentar los desafíos emergentes y aprovechar las oportunidades en este sector.

CONCLUSIONES

En lo complejo del comercio internacional, la exportación de productos agrícolas desempeña un papel crucial en la economía de los países. En este contexto, el tomate mexicano emerge como un protagonista destacado en el mercado global, siendo un componente esencial de la dieta mundial y un sector estratégico para la economía mexicana. Sin embargo, detrás de esta aparente vitalidad económica, se vislumbra una problemática multifacética que demanda un análisis detenido.

Por lo que el objetivo del presente estudio fue identificar los factores que inciden en la competitividad de las empresas exportadoras de tomate en el estado de Sinaloa.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis, los factores que más relación o impacto tienen con la competitividad de las empresas exportadoras de tomate en Sinaloa, México, son las variables de calidad, mano de obra y precio. Mientras que las variables de tecnología, canales de distribución, mercado, gobierno y gestión ambiental tienen una relación baja sobre la variable competitividad, sin embargo, esta se considera positiva y significativa.

En conclusión, podemos decir que todas las variables antes mencionadas pueden influir en la competitividad de las empresas exportadoras de tomate en Sinaloa, México, debido a que la calidad es un factor crucial para competir en el mercado internacional, las empresas deben ofrecer precios competitivos en comparación con otros competidores en el mercado internacional, así como la innovación tecnológica puede ayudar a que el tomate sinaloense se diferencie en el mercado, también un adecuado entrenamiento a la mano de obra y condiciones laborales pueden marcar la diferencia en la competitividad de una empresa, así como tener canales de distribución eficientes y bien establecidos son fundamentales para llegar a los mercados internacionales de manera oportuna y eficaz. En el caso del gobierno, se refiere a la gestión y control de las condiciones relacionadas con las políticas gubernamentales y la intervención estatal en las prácticas de exportación del tomate. El gobierno puede establecer regulaciones y normativas comerciales que afecten directamente las exportaciones y a su vez puede proporcionar apoyo financiero, inventivos y subsidios a los productores de tomate para fomentar la producción y la exportación.

Por último, es importante mencionar que la gestión ambiental también influye en la competitividad ya que no solo aborda preocupaciones ambientales, sino que al mismo tiempo puede ser un factor diferenciador en los mercados internacionales donde los consumidores valoran cada vez más la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Además, puede contribuir a la resiliencia a largo plazo de la industria del tomate sinaloense al asegurar prácticas agrícolas que sean ambientalmente sostenibles y socialmente responsables.

LITERATURA CITADA

- Acosta, R., & Interián, A. (2017). Análisis de los índices de competitividad del tomate rojo mexicano en el mercado mundial [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Chapingo]. <http://10.13.5.2/tesis/sist113956.pdf>
- Aksoy, A., & Caglar, H. (2021). Competition power of Turkey's tomato export and comparison with Balkan countries. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27(No 2), 253–258.
- Cañez, D. (2016). Agrocluster como estrategia de impulso a la competitividad e integración: Caso Agrocluster de tomate, Sinaloa 2004-2012 [Tesis de maestría, Universidad de Sonora].

<https://integracioneconomica.unison.mx/wp-content/uploads/2019/01/Denya-Canez-Araiza-Agrocluster-como-estrategia-de-impulso-a-la-competitividad-e-integracion-Caso-Agrocluster-de-tomate-Sinaloa-2004-2012.pdf>

- Capobianco, M., Aparicio, J., De Pablo, J., & Casado, M. (2021). The European tomato market. An approach by export competitiveness maps. *PLoS ONE*, 16(5), e0250867. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250867>
- Chaves, E., & Rodríguez, L. (2018). Análisis de confiabilidad y validez de un cuestionario sobre entornos personales de aprendizaje (PLE). *Revista Ensayos Pedagógicos*, 13(1), 71–106.
- Crespo, L., & Plzáková, L. (2018). Production of Tomatoes in Mexico and its Competitiveness in the U.S. market. doi: 10.36689/uhk/hed/2018-01-016.
- Delgado, D. (2019). Competitividad del jitomate mexicano en el mercado de la Unión Europea, durante el periodo 1990-2016 [Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo]. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/1521
- Departamento de Investigación Estadística. (2021). México: volumen de producción de jitomate 2009-2022. Volumen de producción de jitomate México 2022 | Statista.
- Flores, V., & Miranda, B. (2017). Análisis de la competitividad de los países exportadores de tomate rojo en el mercado mundial [Tesis para obtener el grado de Ing. En Economía Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo].
- Frías Sarmiento, E. (2007). Financiamientos para la agricultura comercial de Sinaloa: 1932-1949. El creciente papel de los actores privados regionales y estadounidenses. *Región y Sociedad*, 19(39), 135–158.
- Hernández, J., García, R., Valdivia, R., & Omaña, J. (2004). Evolución de la Competitividad y Rentabilidad del cultivo del tomate rojo (*lycopersicon esculentum* l.), Sinaloa, México. *Agrociencia*, 38, 431–436.
- Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 1–55.
- Martínez, M. (2019). Exportaciones de jitomate en México y el nivel de tecnificación del suelo agrícola: análisis por entidad federativa, 2011-2013 [Tesis para obtener el grado de maestría, El Colegio de

México].

<https://repositorio.colmex.mx/concern/theses/fl881m060?locale=es>

- Montaño, I., Valenzuela, I., & Villavicencio, K. (2021). Competitiveness of the Mexican red tomato in the international market: analysis 2003-2017. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(7), 1185–1197. Epub 22 de marzo de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2531>
- Morales, F. (2007). El impacto de la biotecnología en la formación de redes institucionales en el sector hortofrutícola de Sinaloa, México. [Tesis doctoral, Universitat de Barcelona]. <http://hdl.handle.net/10803/1952>
- Observatorio de Complejidad Económica. (2021). Tomates, frescos o refrigerados. [Base de datos]. <https://oec.world/es/profile/hs/tomatoes-fresh-or-chilled>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). FAOSTAT. [Base de datos]. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV>
- Qtaishat, T., El-Habbab, M.S., Bumblauskas, D.P., & Tabieh, M. (2022). Fresh tomatoes are in demand: a marketing and sustainable competitiveness analysis of tomato exports from Jordan. *Journal of Management Information and Decision Sciences*, 25(5), 1–15.
- SAGARPA. (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Primera edición. Ciudad de México. Potencial-Jitomate.pdf (www.gob.mx)
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2021). Comercio exterior agropecuario y oportunidades de exportación. Subsecretaría de agricultura DGVAM.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2022). Sinaloa. Infografía Agroalimentaria 2022. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://estadisticas.sinaloa.gob.mx/documentos/Infografiasagroalimentarias/Sinaloa-Infografia-Agroalimentaria-2022.pdf>
- Soler, M. (2007). Impacto del tratado de libre comercio de América del Norte en la competitividad del tomate rojo en el estado de Sinaloa [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Santo Tomas].

SÍNTESIS CURRICULAR

Ivette Selene Marañón Lizárraga

Maestra en Ciencias en Administración con especialidad en Finanzas por la Universidad Autónoma de Occidente (UAdeO) y Máster en Investigación aplicada en Economía y Empresa por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Docente en la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) y en la Universidad Autónoma Indígena de México (UAIM). Actualmente cursando el 7mo semestre del Doctorado en Ciencias en Negocios Internacionales adscrito al CONACYT del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE) perteneciente a la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo (UMSNH). Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Correo electrónico: ismlizarraga@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5882-757X>

Jerjes Izcoatl Aguirre Ochoa

Doctor en Administración de Organizaciones. División de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM). Maestría en Dirección Internacional de Empresas, Instituto Tecnológico Autónomo de México, (ITAM). Licenciatura en Economía. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, (UMSNH). Docente en el Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, (UMSNH). Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Correo electrónico: jerjes.aguirre@umich.mx
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7858-5166>

LA PANDEMIA COVID-19 Y EL IMPACTO EN LOS PATRONES DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA: CASO DE ESTUDIO EN TRES HOGARES EN LOS MOCHIS, AHOME, SINALOA

THE COVID-19 PANDEMIC AND THE IMPACT OF ELECTRICITY CONSUMPTION PATTERNS: CASE STUDY ON THREE HOUSEHOLD IN LOS MOCHIS, AHOME, SINALOA

Lennin Enrique **Amador-Castro**; Román Edén **Parra-Galaviz** y Jesús Ramón **Rodríguez-Apodaca**

Resumen

El impacto de la pandemia del COVID-19 alteró las modalidades y los lugares de trabajo de las personas, produciendo modificaciones en la demanda mundial de energía eléctrica. Todos los esfuerzos por limitar la exposición al COVID-19 no solo modificaron la demanda de electricidad por las restricciones tomadas para contener la pandemia, sino también por el comportamiento en el consumo de electricidad futuro en un mundo posterior al COVID-19. En este sentido, el presente texto tiene como objetivo fomentar un consumo responsable en el uso adecuado de la energía eléctrica en los hogares de acuerdo con lo establecido en el ODS 12 de la agenda 2030. Para ello, se realizó un análisis estadístico para evaluar el comportamiento en la demanda de energía de tres casas-habitaciones en la ciudad de Los Mochis, antes, durante y después de la

emergencia sanitaria. Los resultados muestran que los patrones de consumo de la energía eléctrica en los tres casos de estudio cambiaron, mostrando evidencia que los indicadores actuales son superiores a los datos previos a la emergencia sanitaria.

Palabras clave: cambio climático, emergencia sanitaria, red eléctrica.

Abstract

The impact COVID-19 pandemic altered people's working modalities and places, producing changes in the global demand for electrical energy. All efforts to limit exposure to COVID-19 have not only altered demand for electricity due to the restrictions taken to contain the pandemic, but also the future electricity consumption patterns in a post-COVID-19 world. In this sense, this text aims to promote the electrical energy responsible consumption

Recibido: 21 de marzo de 2024. Aceptado: 23 de mayo de 2024.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 20(3): 61-81.

doi.org/10.35197/rx.20.03.2024.03.la

at homes in accordance with the SDG 12 of 2030 agenda. To this end, a statistical analysis was carried out to evaluate the electric energy demand performance for three households in Los Mochis city, before, during and after the health emergency. The results show the electricity

consumption patterns changed in the three study cases, showing evidence that current indicators are highs to health emergency data before.

Keywords: climate change, Health emergency Power grid.

INTRODUCCIÓN

El COVID-19 no es el único evento extremo que ha ocurrido en los últimos tres años. Muchas regiones y países han sufrido múltiples desastres naturales causados por el clima mientras se esforzaban por combatir los efectos causados por el COVID-19. Cuando se lucha contra esos eventos extremos, resulta más esencial que nunca proporcionar un servicio eléctrico seguro y confiable. Los operadores de la red eléctrica aplican sus décadas de experiencia y tecnologías innovadoras para balancear la oferta y la demanda de electricidad y mantener las luces encendidas cada minuto del día (Min y Li, 2022).

El clima de nuestro planeta ha sufrido grandes alteraciones, y en nuestro país no ha sido la excepción. Hoy en día y en los últimos años se han observado cambios con mayor regularidad. En Sinaloa, principalmente en nuestra región hemos notado en gran medida parte de esas variaciones derivadas del calentamiento global, trayendo como consecuencias grandes inundaciones originadas por las intensas lluvias. Según (CCA, 2018), la mayor parte de estas alteraciones se debe principalmente a las actividades humanas con una estimación de más del 90%, ocasionando grandes efectos en el clima terrestre.

Por otra parte, otros eventos climáticos extremos son ejemplificados por el clima anormalmente frío de Texas en 2021 que tuvo consecuencias de amplio alcance en el sistema de energía. Este evento provocó interrupciones no solo de energía eléctrica, sino también en el gas natural para la calefacción e incluso el acceso al agua potable. Tales eventos pueden volverse aún más severos, frecuentes y tal vez incluso más impredecibles en el futuro debido al cambio climático. Por lo tanto, ahora es el momento de comenzar a planificar para estos eventos extremos de alto impacto y baja probabilidad de una manera sistemática, basada en datos que se pueda generalizar a los sistemas de energía en los Estados Unidos y el mundo (Bergman et. al, 2022).

De acuerdo con Naciones Unidas (UN, 2022), el promedio de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) fue 6.3 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e) en 2020. La Figura 1 muestra a Estados Unidos (EE.UU.) muy por encima del promedio con 14 tCO_2e seguido de 13 tCO_2e por Rusia, 9.7 tCO_2e en China, alrededor de 7.5 tCO_2e en Brasil e Indonesia y 7.2 tCO_2e en la Unión Europea (UE). Dado que las emisiones per cápita varían mucho, en promedio, los países en desarrollo emiten 2.3 tCO_2e per cápita anualmente, por lo que podemos establecer que México podría estar representado por este promedio.

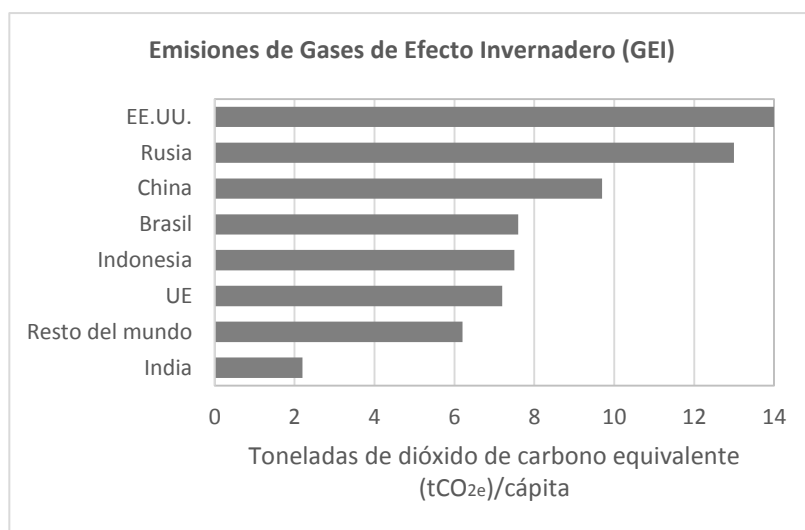


Figura 1. Emisiones de GEI per cápita.

Fuente: (UN, 2022).

Los recientes cambios que se han presentado en materia social y económica ante el distanciamiento social producto del SARS-CoV-2, han modificado la manera de evaluar el consumo de energía eléctrica. De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas [ONU], (2021), el 70 % de las emisiones de carbono mundiales y el 60 % del uso de los recursos provienen de las ciudades y áreas metropolitanas, lo que trae como consecuencia un aumento en la población en los lugares marginados, incrementando el uso de los recursos y por consecuencia el aumento en las emisiones de carbono.

Por lo tanto, los eventos extremos también pueden afectar significativamente la demanda de electricidad. La pandemia del COVID-19

y las restricciones resultantes ante la emergencia sanitaria originaron el movimiento de personas y cambios en la actividad económica llevando a sustanciales disminuciones globales en el uso de la electricidad que persistieron durante meses. Aunque no tienen la misma magnitud de la pandemia, las recesiones económicas, como las relacionadas con la crisis financiera mundial de 2008, también pueden conducir a disminuciones notables en la demanda de electricidad. Otros tipos de eventos extremos pueden afectar la demanda de una manera completamente diferente. Por ejemplo, durante las olas de calor puede haber aumentos sustanciales en la demanda de electricidad para refrigerar edificios. Este aumento de la demanda puede ser masivo e interactuar con otros factores de la red relacionados con el clima cálido, hasta el punto de requerir apagones programados para mantener la integridad del suministro (Bergman et. al, 2022).

Ante la necesidad de conocer no solo el comportamiento en la demanda de energía durante los eventos extremos originados por la emergencia sanitaria del COVID-19, sino también la planificación de eventos que aún no han sucedido, el presente trabajo realiza un análisis estadístico de dicho comportamiento en tres complejos residenciales de la ciudad de Los Mochis, Sinaloa. Todo esto ocurre en el contexto del cambio climático y la respuesta de la sociedad a la mitigación del cambio climático a través de la transición a un sistema de energía descarbonizado, con el fin de conseguir mejoras en la sociedad a través de iniciativas socialmente responsables y sostenibles tal y como lo indica el ODS 11 de la agenda 2030, logrando que las ciudades sean más sostenibles, resilientes y seguras, así como también ayudar el entorno en que vivimos, un medioambiente cuya protección es una emergencia planetaria. Por ello la importancia de poner un cuidado especial en la naturaleza realizando un consumo responsable que permita mejorar las buenas prácticas para mejorar la eficiencia energética en la demanda de energía eléctrica de acuerdo con lo establecido en los ODS 12 y 13 de la agenda 2030, garantizando modalidades de consumo y producción sostenibles y adoptando medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos respectivamente.

Antecedentes

Durante las etapas iniciales de la pandemia del COVID-19, muchas regiones en todo el mundo implementaron políticas que restringieron el movimiento y las interacciones de las poblaciones, a veces denominadas órdenes de quedarse en casa o de refugio en el lugar. Estos confinamientos tuvieron

efectos dramáticos en la sociedad y afectaron a individuos y sectores económicos enteros, incluidos la educación, la industria, el transporte y las empresas comerciales grandes y pequeñas. Muchos de estos sectores lucharon por adaptarse a los comportamientos cambiantes de los consumidores y las políticas de protección. Las empresas de servicios eléctricos tienen la responsabilidad de proporcionar un servicio confiable a sus clientes, independientemente de la naturaleza sin precedentes de las respuestas sociales para combatir la propagación del COVID-19. La demanda eléctrica es tradicionalmente uno de los patrones de comportamiento más consistentes del consumidor. De lunes a viernes, la gente va a trabajar, y la demanda de electricidad se mueve con ellos a áreas densas con edificios comerciales e industriales. Por la noche, cuando las personas regresan a casa, la demanda de electricidad vuelve a las áreas residenciales. Los confinamientos por COVID-19 afectaron la demanda de energía, ya que muchas empresas cerraron y muchos consumidores cambiaron sus rutinas diarias regulares. Dado que a casi todos los empleados considerados no esenciales se les pidió que permanecieran en sus hogares y ya no se desplazaran al trabajo, se anticiparon cambios en el consumo residencial y comercial. Aún no estaba clara la magnitud esperable de este cambio, lo cual confundía los esfuerzos para generar previsiones precisas acerca de la demanda de electricidad (Bergman et. al, 2022).

El trabajo realizado por Amador, Parra y Rodríguez (2022) analiza el comportamiento de los patrones de cambio en la demanda de energía eléctrica no residencial durante el COVID-19, considerando las actitudes favorables para un consumo responsable en el Instituto Tecnológico de Los Mochis Campus Villa de Ahome en el estado de Sinaloa. Se desarrolló un análisis temporal en la demanda de energía de dicho instituto con el fin de conocer los patrones de consumo y su repercusión en la emergencia sanitaria, por lo que se encontró una disminución promedio del 57% en el consumo de energía. También se desarrolló un estudio para conocer las actitudes favorables de los alumnos del plantel en el desempeño de la energía eléctrica.

Bergman et. al (2022), utiliza a California como ejemplo para analizar en detalle los impactos relacionados con la pandemia en el consumo de electricidad haciendo recomendaciones para mejorar la planificación, el pronóstico y otras operaciones de respuesta a los eventos extremos. Se desarrolló un modelo contrafáctico, un enfoque que a menudo es utilizado para comprender lo que podría haber sucedido en diferentes circunstancias históricas, el cual permite examinar cuál habría sido el consumo de electricidad en ausencia de la pandemia, teniendo en cuenta los patrones climáticos reales y otras variables. La estimación contrafáctica es

comparada con los datos reales de consumo de electricidad para cuantificar el cambio en el consumo relacionado solo con la pandemia.

En cambio, Zheng et. al (2022) desarrolló un proyecto que tienen por objeto comprender el impacto a corto plazo del COVID-19, así como de otros eventos extremos, en el sector eléctrico. Se ha demostrado que un enfoque abierto basado en datos de varios dominios es eficiente para proporcionar apoyo científico a la toma de decisiones de los operadores y planificadores del sector eléctrico. Ante el aumento de los eventos extremos, el sector eléctrico se beneficiaría de la adopción de un enfoque más sistemático del centro de datos de varios dominios para analizar y predecir el impacto de los eventos extremos.

Dado que los sistemas de transmisión y distribución se encuentran en constante evolución para atender las exigencias que plantea una cantidad cada vez mayor de instalaciones de generación de energía, Wu y Johnson (2023) comparten ideas sobre los aspectos operativos de los transformadores, como métodos para calcular las capacidades de carga de los transformadores en evolución y evaluar los impactos de los flujos eléctricos inversos debido a la creciente penetración de fuentes de energía distribuida.

Hoy en día la industria de la energía está experimentando una importante transformación debido al rápido cambio hacia las fuentes renovables, lo que marca un momento histórico crucial. Sin embargo, el auge de las fuentes renovables, como la eólica y la solar, ha generalizado el uso de la generación interconectada con la red a través de la electrónica de potencia. De esta manera, Matevosyan y Holttinen (2024) exponen los desafíos y deficiencias de las soluciones existentes y las oportunidades de seguir investigando sobre las estrategias de control para las fuentes basadas en inversores describiendo las capacidades, las limitaciones y su interacción. Esto es esencial para asegurar su compatibilidad con la red y viceversa, permitiendo alcanzar los objetivos principales para minimizar el costo de satisfacer la demanda de energía y reducir las emisiones de carbono, manteniendo o incluso mejorando la confiabilidad.

En este sentido, la finalidad de presentar un análisis estadístico en la demanda de energía en tres complejos residenciales en la ciudad de Los Mochis antes y después de la pandemia, es mostrar los cambios en los patrones de consumo eléctrico pospandémico. Esto permitirá establecer nuevos desafíos y oportunidades de desarrollo para estar preparados ante una situación como lo fueron las restricciones originadas por la emergencia sanitaria a inicios de 2020. Además, de acuerdo con Li et. al (2022), la recuperación de la pandemia es una excelente oportunidad para acelerar las transiciones a la energía limpia. En especial, es una oportunidad para

acelerar la construcción de infraestructura de energía limpia, promover la transformación del sistema de energía y mejorar la conciencia del público sobre el consumo de energía limpia. Estos esfuerzos, a su vez, brindarán cobertura frente a los riesgos climáticos. Si bien no había existido una pandemia en la era posterior a la Segunda Guerra Mundial para poder hacer comparaciones, algunas de las crisis socioeconómicas del pasado pueden brindar estudios de caso comparables.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en tres complejos habitacionales de la ciudad de Los Mochis, una ubicada en la colonia Rubén Jaramillo, otra en Fraccionamiento Almendros y una más en Fraccionamiento Tabachines. Además, fue necesario realizar una revisión literaria donde se presentan conceptos relacionados con el consumo de energía eléctrica, ahorro de energía, así como la recopilación de datos históricos en la demanda de energía proporcionada por la fuente suministradora de servicios, considerando la generación de energía de las centrales eléctricas suministrada a la red eléctrica nacional de acuerdo a lo estipulado a la fracción XLIV del artículo 3 de la Ley de la Industria Eléctrica (SENER, 2017). El trabajo de investigación es de paradigma positivista, ya que se utiliza el método cuantitativo buscando el conocimiento sistemático mediante la explicación científica y analítica, empleando un análisis descriptivo para determinar los patrones de cambio en los datos históricos de la demanda de energía eléctrica (Amador, Parra y Rodríguez, 2022).

La Tabla 1, muestra los complejos habitacionales seleccionados considerando la ubicación y número de integrantes de familia durante las restricciones, así como el nivel máximo de estudios.

Tabla 1. Complejos habitacionales para el caso de estudio en Los Mochis

Complejo Habitacional	Colonia / Fraccionamiento	Número de integrantes		Máximo grado de estudios por familia
		Adultos	Niños	
A	Almendros	2	2	Doctorado
B	Rubén Jaramillo	4	2	Licenciatura
C	Tabachines I	4	1	Maestría

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la Figura 2 muestra la ubicación geográfica de las casas de estudio para el análisis en el comportamiento de los patrones de cambio en la demanda de energía eléctrica.

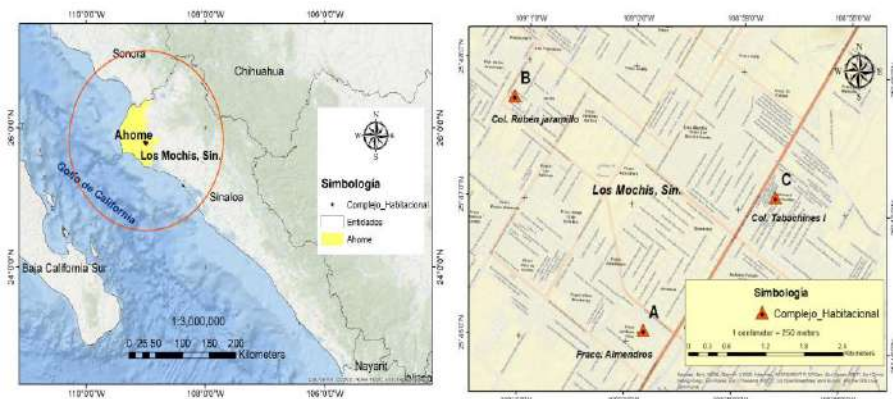


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio en la ciudad de Los Mochis.

Fuente: Elaboración propia con bases de datos de ESRI (Environmental Systems Research Institute) (2022).

El estudio se centra en determinar el comportamiento de los patrones de cambio en la demanda de energía eléctrica en los tres complejos habitacionales a través del análisis estadístico descriptivo durante el periodo 2019-2022. Comprender los cambios en el consumo de electricidad durante el COVID-19, permitirá conocer como intervienen en la demanda de energía eléctrica los factores de influencia, hábitos de consumo y el distanciamiento social. Por lo tanto, es preciso tener en cuenta estos factores de influencia porque reflejan actividades sociales muy relacionadas con el consumo de electricidad desde diferentes perspectivas.

Por lo tanto, la demanda máxima a la que se deberá aplicar los cargos por capacidad expresados en \$/kW-mes de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación [DOF], (2021), será la mínima entre los valores que se definen a continuación:

$$\min \left\{ D_{\max_{\text{punta}}}, \left[\frac{Q_{\text{mensual}}}{24 * d * F.C.} \right] \right\} \quad (\text{ec. 1})$$

Donde:

$Dmax_{punta}$ = Es la demanda máxima coincidente con el periodo horario de punta medida en kilowatts.

$Q_{mensual}$ = Es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh.

d = Días del periodo de facturación.

$F.C.$ = Factor de carga.

$\min\{ \}$ = Valor mínimo entre la demanda máxima de punta y el consumo mensual registrado.

Para el caso de que no haya periodo de punta y los usuarios suministrados en baja y media tensión que no cuenten con sistemas de medición para demanda, se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$Demanda = \frac{Q_{mensual}}{24 * d * F.C.} \quad (\text{ec. 2})$$

Para los centros de carga que reciban energía por ser parte de un permiso de generación de energía eléctrica bajo la modalidad de autoabastecimiento, $Dmax_{punta}$ y $Q_{mensual}$ serán la demanda máxima registrada y el consumo mensuales suministrados en el mes de facturación por Comisión Federal de Electricidad (CFE) Suministrador de Servicios Básicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las estadísticas planteadas en los casos de estudio para los tres complejos habitacionales en la ciudad de Los Mochis, Sinaloa. La investigación presenta un análisis descriptivo en el comportamiento de la demanda de energía y cargos por facturación eléctrica durante el histórico de 2019-2022 en los periodos tarifarios base e intermedia, así como el excedente de energía.

Complejo habitacional A

Antes de la pandemia (2019), el excedente de energía no sobrepasaba los 200 kWh del complejo habitacional A ubicado en el Fraccionamiento

Almendros, lo que representó \$486 MXN por cargos en facturación. Sin embargo, como consecuencia de la emergencia sanitaria en 2020 el excedente de energía aumentó 2.5 veces, pasando a un consumo de 420kwh y \$1,255 MXN por facturación eléctrica (Tabla 2).

Tabla 2. Costos y demanda de energía para el complejo habitacional A

TARIFA	2019		2020		2021		2022	
	kWh	Costo (\$)	kWh	Costo (\$)	kWh	Costo (\$)	kWh	Costo (\$)
BASE	2,277	\$1,427	2,250	\$1,487	2,250	\$1,541	2,250	\$1,629
INTERMEDIA	2,183	\$1,807	3,665	\$3,030	3,212	\$2,757	3,048	\$2,779
EXCEDENTE	168	\$486	420	\$1,255	333	\$1,022	388	\$1,254

Fuente: Elaboración propia.

Mientras las restricciones se reducían conforme los casos por contagios de COVID-19 iban en descenso, el excedente de energía eléctrica tanto en 2021 como en 2022 fue a la baja con 333 kWh y 388 kWh respectivamente. No obstante, los indicadores actuales en el excedente de energía ya no volvieron a los datos originales de 2019 antes de iniciar la pandemia, esto demuestra una variación en los patrones de consumo de energía derivados en los cambios de hábitos por consecuencia del COVID-19.

En cambio, la Figura 3 representa un análisis más detallado en la demanda de energía del complejo habitacional A para los periodos tarifarios que CFE tiene destinados en los horarios de verano e invierno (Amador, Parra y Castro, 2021). Durante el verano la tarifa base tiene un límite de 300 kWh de consumo de energía, mientras que durante el invierno es de 75 kWh. En el caso de la tarifa intermedia el consumo de energía límite es de 900 kWh para verano y 125 kWh para invierno en el servicio de tarifa 1F para la región noroeste, por lo que, los valores superiores a la tarifa intermedia serán considerados como excedentes de energía.

En 2019 la demanda máxima de energía fue en el mes de agosto con 779 kWh, mientras que en 2020 la máxima fue en septiembre con 998 kWh. Sin embargo, a pesar de que la demanda de energía durante 2021 y 2022 fue ligeramente menor durante la emergencia sanitaria, los indicadores en el consumo también no se establecieron a los datos originales de 2019.

Analizando los datos en el excedente de energía se puede observar que solo éstos se encuentran durante la tarifa de invierno correspondiente a los meses de noviembre-abril. Esto se debe principalmente que durante este

periodo la tarifa base e intermedia en conjunto solo consideran 200 kWh para un esquema de cobro bajo, por lo que un consumo superior a este límite repercute en un esquema de cobro más alto durante la facturación. Así mismo, es importante considerar que los máximos excedentes de energía se desarrollaron durante el mes de noviembre en cada año de análisis, lo que significa que dicho mes representa la transición del cambio de tarifa de verano a la de invierno, por lo que los hábitos de consumo de energía se relacionan a los de la temporada de verano debido a clima cálido de la región, esto representa un 19% del costo total de facturación por energía eléctrica.

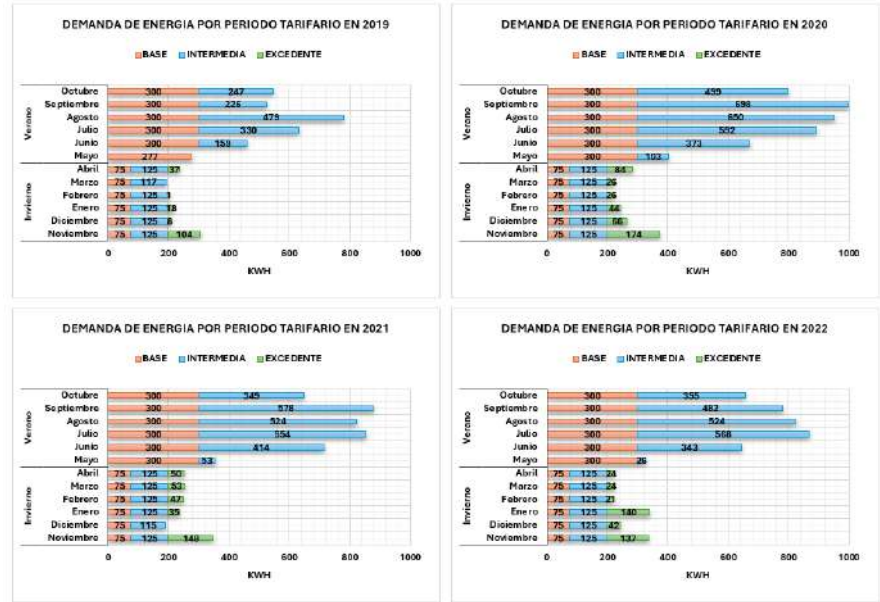


Figura 3. Demanda de energía para el complejo habitacional A en el periodo 2019-2022.

Fuente: Elaboración propia.

Complejo habitacional B

En el caso del complejo habitacional B ubicado en la colonia Rubén Jaramillo en Los Mochis, Sinaloa, la demanda de energía eléctrica y el

comportamiento de los costos por facturación en el periodo 2019-2022 son representados en la Tabla 3.

Tabla 3. Costos y demanda de energía para el complejo habitacional B

TARIFA	2019		2020		2021		2022	
	kWh	Costo (\$)	kWh	Costo (\$)	kWh	Costo (\$)	kWh	Costo (\$)
BASE	2,374	\$1,567	2,250	\$1,489	2,210	\$1,516	2,250	\$1,633
INTERMEDIA	2,041	\$1,610	2,561	\$2,125	2,358	\$2,026	2,318	\$2,101
EXCEDENTE	0	\$0	33	\$98	35	\$108	19	\$61

Fuente: Elaboración propia.

En 2019 este complejo habitacional no excedió en el consumo de energía, pero, a partir de la emergencia sanitaria durante el primer trimestre de 2020 se pueden observar algunos incrementos tanto en la demanda como en los costos por facturación. Sin embargo, dichos excedentes no se comparan con los del complejo habitacional A, lo que puede indicar un manejo adecuado de la energía eléctrica durante la emergencia sanitaria.

Por otra parte, la Figura 4 muestra la demanda de energía por periodo tarifario en el complejo habitacional B. Se puede observar que durante 2019 no se generó excedente de energía, siendo el consumo máximo en agosto con 813 kWh, mientras que en 2020 el único excedente fue en mayo con 33 kWh y un consumo máximo de 795 kWh en octubre. En 2021 prácticamente el comportamiento fue muy similar al año anterior, pues el excedente de energía fue de 35 kWh en conjunto con los meses de mayo y diciembre, mientras que la demanda máxima en julio con 728 kWh. Por último, en 2022 también se presentaron comportamientos regulares a los análisis anteriores, ya que el excedente solo se presentó en mayo con 19 kWh y una demanda máxima de 732 kWh en julio.

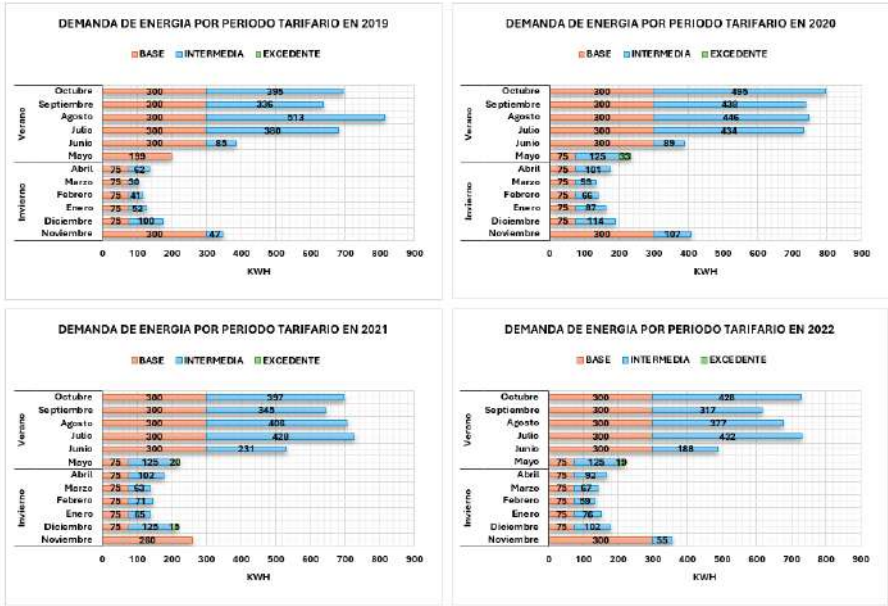


Figura 4. Demanda de energía para el complejo habitacional B en el periodo 2019-2022.

Fuente: Elaboración propia.

De todo lo anterior se puede establecer que el comportamiento en la demanda de energía para este complejo habitacional durante el periodo de análisis es muy parecido tanto en verano como en invierno, así como los excedentes de energía y demanda máxima. Esto indica un adecuado uso de la energía eléctrica, por lo que las restricciones de la emergencia sanitaria y sus afectos adversos no afectaron en gran medida los cargos por facturación eléctrica.

Complejo habitacional C

En el caso del complejo habitacional C ubicado en la colonia Tabachines I en Los Mochis, Sinaloa, se puede apreciar que cada año de análisis se tiene un excedente de energía el cual representa el 40% de los costos por facturación eléctrica, inclusive igualando a los costos de energía en la tarifa intermedia (Tabla 4). A pesar de esto, se observa que en 2020 la demanda de energía disminuyó considerablemente con respecto al año anterior y posterior, lo que contrasta con el comportamiento del complejo habitacional

A, el cual se incrementó durante la pandemia. Lo anterior se puede relacionar a que el complejo habitacional C tiene un negocio de comida, por lo que la situación de la pandemia propició el cierre de los establecimientos ante la emergencia sanitaria originando una disminución en el consumo de energía eléctrica durante 2020.

Tabla 4. Costos y demanda de energía para el complejo habitacional C

TARIFA	2019		2020		2021		2022	
	kWh	Costo (\$)	kWh	Costo (\$)	kWh	Costo (\$)	kWh	Costo (\$)
BASE	2,250	\$1,441	2,250	\$1,487	2,250	\$1,541	2,250	\$1,625
INTERMEDIA	4,389	\$3,466	4,865	\$3,961	5,619	\$4,686	5,812	\$5,104
EXCEDENTE	1,359	\$3,812	865	\$2,577	1,501	\$4,040	1,804	\$5,038

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Figura 5 se observa que durante la tarifa de invierno recae todo el excedente de energía principalmente en los meses de abril y noviembre. Sin embargo, para los años posteriores a la pandemia, el excedente de energía también se generó en los meses de junio a septiembre de 2021 durante el verano, mientras que en 2022 el excedente fue durante los meses de mayo, y de julio a octubre respectivamente.

Si bien la demanda de energía disminuyó en 2020 durante las restricciones originadas por el COVID-19, la relación existente entre los otros complejos habitacionales es que después de la pandemia los indicadores actuales en cuanto al consumo de energía no permanecieron constantes a los valores antes de la emergencia sanitaria, lo que demuestra un cambio en los patrones de consumo de energía originados por consecuencia de las actividades diarias.

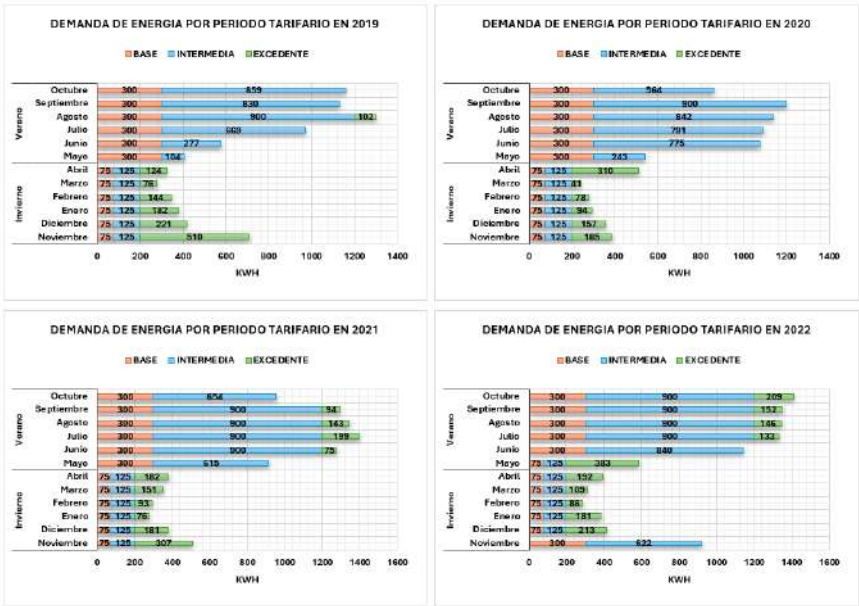


Figura 5. Demanda de energía para el complejo habitacional C en el periodo 2019-2022.

Fuente: Elaboración propia.

Demanda de energía eléctrica entre los complejos habitacionales de estudio

Con la finalidad de mostrar un comparativo en la demanda de energía entre los complejos habitacionales de estudio, se desarrolló la Figura 6. Se observa que la energía en el periodo base no excede los 2,300 kWh para los tres complejos, mientras que en el periodo intermedio no sobrepasa de 3,700 kWh en el complejo habitacional A, alrededor de 2600 kWh en el complejo B y no más de 5,850 kWh en el C. Para el excedente de energía se tiene un nivel bajo en el complejo habitacional A con un promedio de 327 kWh, para el complejo B prácticamente sin excedente con un promedio de 22 kWh, mientras que para el complejo C un promedio de 1,382 kWh elevando considerablemente el consumo de energía en esta residencia.

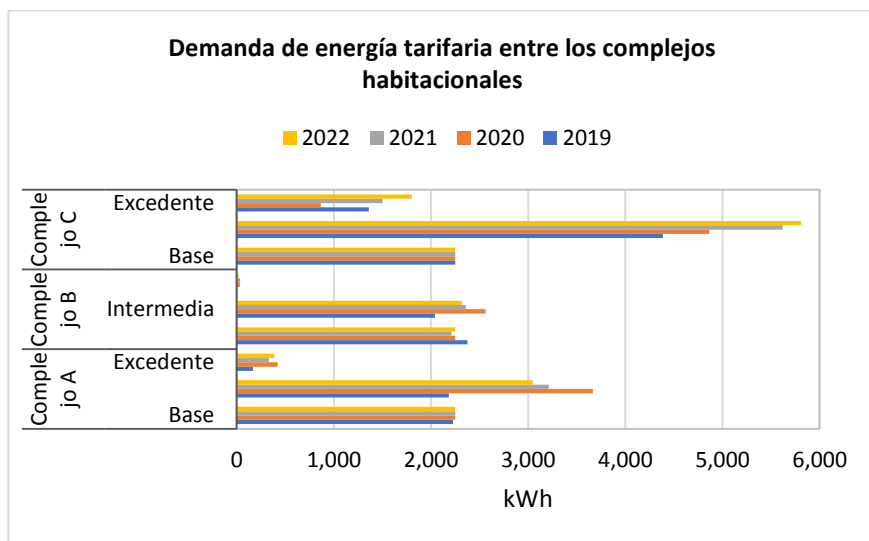


Figura 6. Comparativo en la demanda de energía eléctrica entre los complejos habitacionales de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Costos de facturación de energía eléctrica entre los complejos habitacionales de estudio

Comparando los costos efectuados por cargos de facturación de energía eléctrica, la Figura 7 muestra esta relación entre cada uno de los complejos habitacionales. Cuidar la energía y utilizarla de manera eficiente siempre será una prioridad para reducir las emisiones, combatir el cambio climático y contribuir con el ODS 13 de la agenda 2030 en acción por el clima. Por eso, como se puede apreciar los excedentes de energía repercuten directamente en los cargos por facturación, tal es el caso del complejo habitacional C, donde su excedente representa el 40% del cargo total de energía. Sin embargo, en contraste se tiene el complejo B donde su excedente de energía es prácticamente nulo, el cual solo equivale al 2%. En cambio, con respecto al complejo A, el excedente de energía es mucho menor al complejo C, pero mayor al B, el cual representa el 20 % del total por cargos de facturación. Sin lugar a duda, las restricciones originadas por la emergencia sanitaria del COVID-19 evidenciaron los cambios en los hábitos de consumo, incrementando las cargas de energías en los centros de distribución eléctrica. Esta investigación permitirá establecer las bases para que las fuentes suministradoras de servicio eléctrico (CFE) estén preparadas

ante una emergencia en un futuro próximo, teniendo la capacidad de respuesta hacia una mejor calidad en el servicio de suministro eléctrico.

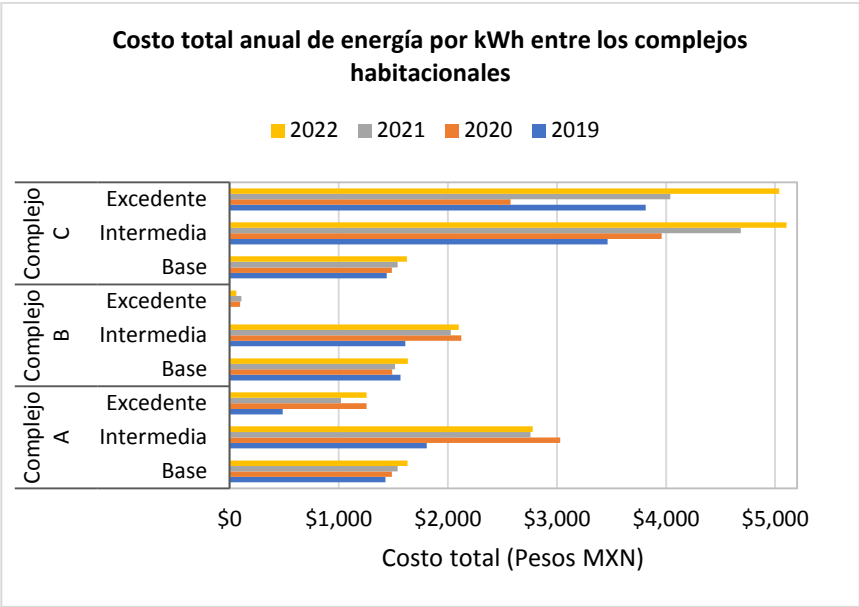


Figura 7. Comparativo en los costos de facturación de energía eléctrica entre los complejos habitacionales de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La pandemia mostró el impacto que tiene la reducción de las actividades humanas, cómo podría ser un futuro con menos emisiones y cómo el mundo podría llegar a él. Por otro lado, las restricciones impuestas a la población a comienzos de la emergencia sanitaria en 2020, se percibieron alteraciones significativas en la demanda de energía eléctrica en todo el mundo.

Mientras que la industria experimentaba una reducción en el consumo de energía, la situación en los hogares fue diferente, mostrando un incremento tanto en la energía eléctrica como en los costos por facturación.

Con base a los resultados obtenidos en los tres casos de estudio se muestra que evidentemente la pandemia originó cambios en los patrones del consumo de energía eléctrica, mostrando que los indicadores actuales son

aún superiores a los valores antes del inicio de la emergencia sanitaria. Para los casos de estudios los cargos por facturación de energía eléctrica para la tarifa base represento el 30%, 43% y 16% para los complejos habitacionales A, B y C respectivamente. En la tarifa base el registro obtenido fue 51%, 43% y 44% para los complejos A, B y C, mientras que los cargos por excedente de energía representaron el 20% para el complejo A, solo el 2% para el complejo B y el 40% para el complejo C.

Por lo tanto, es evidente que los cambios en los hábitos de consumo afectan constantemente a la red. Sin embargo, no todos son afectados por igual a cada una de las familias, como se observa en cada uno de los complejos habitacionales de estudio, ya depende en gran medida de las actividades cotidianas, hábitos y la cultura hacia un consumo responsable en la energía eléctrica.

A la par de la emergencia sanitaria del COVID-19 muchas regiones del país sufrieron afectaciones por desastres naturales causados por el clima, por ello resulta esencial proporcionar un suministro eléctrico seguro y confiable. Por lo tanto, a partir de los resultados obtenidos en este trabajo de investigación para comprender y estudiar como los esfuerzos por contender la pandemia del COVID-19 alteraron la demanda de electricidad en los tres casos de estudios, permitirá replicarlo a una escala global en la ciudad como lo realizado por Bergman et. al (2022) en California, esto con la finalidad de estimar el comportamiento futuro de la energía eléctrica en un mundo posterior al COVID-19 garantizando el acceso a la energía sin olvidar buenas prácticas hacia un consumo responsable en cumplimiento con el ODS 12 de la agenda 2030.

LITERATURA CITADA

- Amador, L., Parra, R., y Rodríguez, J. (2022). Comportamiento de los patrones de cambio en la demanda de energía eléctrica durante el Covid-19 y análisis de las actitudes favorables para un consumo responsable en el Instituto Tecnológico de Los Mochis, Campus Villa de Ahome. En J. Rodríguez, C. S. Castro, y E. Rodríguez, *Aportes a los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030* (pág. 248). Los Mochis, Sinaloa: Astra Ediciones S. A. de C. V.
- Amador, L., Parra, R., y Castro, C. (2021). Sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica para el ahorro de energía y el

cambio en los patrones de consumo ante el confinamiento del COVID-19. *Ra Ximhai*, 424p.

Bergman, D., Sun, T., Buechler, E., Zanolco, C., y Rajagopal, R. (2022). Impactos de la pandemia en el consumo de electricidad en California. *IEEE power & energy magazine*, 20(6), 108p.

CCA. (2018). *Comisión para la Cooperación Ambiental*. Recuperado el 17 de septiembre de 2019, de Emisiones Atmosféricas: <http://www.cec.org/sites/default/napp/es/country-profiles/mexico/power-plants-and-their-impact-on-climate-change.php>

DOF. (2021). *Acuerdo por el que la Comisión Reguladora de Energía expide la metodología para determinar el cálculo y ajuste de las tarifas finales que aplicarán a la Empresa Productiva Subsidiaria CFE Suministrador de Servicios Básicos y su Anexo Único*. México: Diario Oficial de la Federación.

IEA. (2021). The impacts of the Covid-19 crisis on global energy demand and CO₂ emission. *Global Energy Review*, International Energy Agency (IEA).

Li, F., Li, X., Sun, H., Ninno, F. D., Quaglia, F., Cunha, G., Min, L. (2022). La COVID-19 impulsó la electricidad limpia. *IEEE power & energy magazine*, 20(6), 108p.

Matevosyan, J., y Holttinen, H. (2024). Hacia los sistemas dominados por fuentes de energía basadas en inversores. *IEEE power & energy magazine*, 22(2), 115p.

Min, L., y Li, F. (2022). La Pandemia: un impacto sin precedentes en el funcionamiento de la red. *IEEE power & energy magazine*, 20(6), 108p.

OLADE. (2020). Análisis de los Impactos de la Pandemia del COVID-19 sobre el sector energético de América Latina y el Caribe. *Organización Latinoamericana de Energía*.

ONU. (2021). *Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030*. Recuperado el 25 de enero de 2021, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

SENER. (2017). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2017-2031*. México.

UN. (2022). *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window, Climate crisis calls*. Nairobi, Kenia: United Nations Environment Programme. Obtenido de <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2022>

Wu, X., y Johnson, B. (2023). Equipos de T&D evolucionando para atender las demandas actuales. *IEEE power & energy magazine*, 21(2), 95p.

Zheng, X., Wu, D., Watts, L., Pistikopoulos, E., y Xie, L. (2022). Análisis de eventos extremos en sistemas eléctricos. *IEEE power & energy magazine*, 20(6), 108p.

AGRADECIMIENTOS

Al cuerpo académico en Estudios para la Sostenibilidad y Medio Ambiente de la Universidad Autónoma Indígena de México, al Tecnológico Nacional de México unidad Los Mochis, a la Comisión Federal de Electricidad, a la Fundación Carlos Slim, al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo.

SÍNTESIS CURRICULAR

Lennin Enrique Amador Castro

Doctor en Ciencias en Estudios para la Sostenibilidad y Medio Ambiente por la Universidad Autónoma Indígena de México. Maestro en Ciencias en Electrónica con orientación en Telecomunicaciones por el Centro de Investigación Científica y de Estudios Superior de Ensenada e Ingeniero en Electrónica por el Tecnológico Nacional de México/ IT de Los Mochis. Investigador integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT) y del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNII) como candidato a investigador. Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Correo electrónico: lennin.ac@mochis.tecnm.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6773-711X>

Román Edén Parra Galaviz

Doctor en Ciencias en Desarrollo Sustentable de Recursos Naturales por la Universidad Autónoma Indígena de México e Ingeniero en Geodesia por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Líneas de investigación: Sistemas de Información Geográfica (SIG), Fotogrametría y teledetección aplicado a

recursos naturales. Investigador integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT) y del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNII) como candidato a investigador. Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Correo electrónico: roman.parra@uas.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2679-8594>

Jesús Ramón Rodríguez Apodaca

Doctor en Ciencias por la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Tijuana. Maestro en Ciencias en Química por el Centro de Graduados e Investigación en Química del Instituto Tecnológico de Tijuana, Campus Otay e Ingeniero Químico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis. Investigador integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT). Miembro de la Red Temática Nacional Patrimonio Biocultural del CONAHCYT e integrante del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras Nivel I. Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma Indígena de México. Correo electrónico: jramon@uaim.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3609-1958>

AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE MICROORGANISMOS OBTENIDOS DE NÓDULOS DE FRIJOL EN EL NORTE DE SINALOA, MÉXICO

ISOLATION AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF MICROORGANISMS OBTAINED FROM BEAN NODULES IN NORTHERN SINALOA, MEXICO

Nataly **López-Soto** y Araceli **Ruiz-Fierro**

Resumen

La agricultura es una de las actividades más importantes en el estado de Sinaloa, pero existen varios estudios sobre ciertos problemas ambientales consecuencia de esta práctica, destacando aquellos relacionados con el uso del agua, el impacto ambiental causado por las prácticas agrícolas, contaminación y el uso desmedido de agroquímicos, siendo este último objeto de debate por las consecuencias al medio ambiente, a la salud humana y al suelo. En los cultivos agrícolas sembrados en el año 2017, se empleó fertilización química casi en un 100% de su superficie lo cual, trae como consecuencia alteraciones en los flujos de nutrientes hacia las costas, así como, en el ciclo global del nitrógeno. El cultivo del frijol es una actividad económica y de subsistencia fundamental para muchas familias en el país, es parte la dieta de la población mexicana, por lo cual, la sociedad busca

satisfacer las demandas de alimentos a través de la agricultura para erradicar el hambre en el mundo de acuerdo con los objetivos del desarrollo sustentable, pero se requiere de estrategias para mejorar la producción y el respeto a la diversidad de los procesos, el buen manejo de suelo y de los nutrientes. El uso de biofertilizantes contribuye a la absorción y asimilación de nutrientes sin contaminar al medio ambiente disminuyendo los efectos de la fertilización sintética sin perder la rentabilidad de la actividad a través del uso microorganismos de vida libre y simbióticos que fijan el nitrógeno en las plantas, el cual es un proceso de bajo costo y ambientalmente sustentable. Por tal motivo, se colectaron muestras de raíces de frijol con nódulos de los municipios de Ahome y El Fuerte, se incubaron en medio ELMARC a una temperatura de 28°C, en un periodo de 2 a 10 días para su identificación morfológica y molecular de

los aislados encontrados. Se identificaron 4 aislados dentro del género *Pseudomonas*, afirmando que otras bacterias inductoras de nódulos no rizobiales que habitan dentro de los nódulos de las leguminosas participando en la expresión de algunos genes reportados que desencadenan la formación nódulos y fijación de nitrógeno atmosférico que puedan ser usados en los sistemas agrícolas y con ello contribuir en un futuro a minimizar el uso de fertilizantes nitrogenados inorgánicos, mejorar la sustentabilidad de la tierra y la reducción de los gases de efecto invernadero.

Palabras clave: fijación de nitrógeno, biofertilizantes, agricultura.

Abstract

Agriculture is one of the most important activities in the state of Sinaloa but there are several studies on certain environmental problems resulting from this practice, highlighting those related to the use of water, the environmental impact caused by agricultural practices, pollution and the use excessive. of agrochemicals, the latter being the subject of debate due to the consequences to the environment, human health and the soil. In the agricultural crops planted in 2017, chemical fertilization was used on almost 100% of their surface, which results in alterations in nutrient flows to the coasts as well as in the global nitrogen cycle. Bean cultivation is a fundamental economic and subsistence activity for many families in the country; it is part of the diet of the Mexican

population, which is why society seeks to satisfy food demands through agriculture to eradicate hunger. in the world in accordance with the objectives of sustainable development, but strategies are required to improve production and respect for the diversity of processes, good soil and nutrient management. The use of biofertilizers contributes to the absorption and assimilation of nutrients without contaminating the environment, reducing the effects of synthetic fertilization without losing the profitability of the activity through the use of free-living and symbiotic microorganisms that fix nitrogen in plants, which is a low-cost and environmentally sustainable process. For this reason, samples of bean roots with nodules were collected from the municipalities of Ahome and El Fuerte, they were incubated in ELMARC medium at a temperature of 28°C, in a period of 2 to 10 days for their morphological and molecular identification of the isolates found. 4 isolates are identified within the genus *Pseudomonas*, stating that other non-rizobial nodule-inducing bacteria that live within the nodules of legumes participate in the expression of some reported genes that trigger the formation of nodules and fixation of atmospheric nitrogen that can be used in agricultural systems and thereby contribute in the future to minimizing the use of inorganic nitrogen fertilizers, improving the sustainability of the land and the reduction of greenhouse gases.

Keywords: nitrogen fixation, biofertilizers, agriculture.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos principales de la agricultura es el satisfacer las necesidades alimentarias actuales de la sociedad, con la cantidad excedente de disponibilidad para exportación y futuros propósitos (Garcés y Quiroz, 2019). Para aumentar los rendimientos en la producción agrícola, el productor ha recurrido al uso de insumos químicos, desde la llamada

“revolución verde”, que causó un aumento en el rendimiento por unidad de área en la producción de cultivos, para dar respuesta a las demandas alimentarias de una población que aumentaba cada vez más (Kumar et al., 2019). Sin embargo, con el surgimiento de los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), los cuales están relacionados con todos los desafíos actuales que enfrentamos en cuestiones ambientales, políticas y económicas, además de la importancia que tiene la gestión de los recursos naturales.

Actualmente, en la mayoría de los cultivos agrícolas se emplean de manera excesiva los fertilizantes químicos pero su uso es objeto de debate entre la población por las consecuencias al medio ambiente y a la salud humana (Galaviz y Fontalvo, 2024). El exceso de estos compuestos tiene efectos negativos sobre el ambiente como la erosión de suelo, la contaminación y la eutrofización de las aguas causado por los residuos de los fertilizantes químicos ocasionando la muerte de peces y otros seres vivos, generando pérdida de la diversidad biológica incluyendo la microbiota de los suelos. Además, que estos químicos afectan negativamente al suelo en términos de agotamiento de la capacidad de retención de agua, fertilidad, aumento de la salinidad y disparidad en los nutrientes (Apáez et al., 2019; Cuadras et al., 2021), todas estas actividades van en contra de lo planteado en el ODS 15, que establece “detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad”, por lo que se deben tomar las medidas requeridas en los sistemas agrícolas para apoyar a la seguridad alimentaria con las mínimas afectaciones a los ecosistemas.

Para contribuir con el desarrollo sustentable se requiere de estrategias en donde estos insumos agrícolas se reduzcan, para continuar asegurando su rendimiento sin el deterioro de la fertilidad del suelo y otros factores involucrados (Cruz et al., 2021). Particularmente, en la región norte del estado de Sinaloa se ha observado que la actividad agrícola es el factor más importante en la alteración de los flujos de nutrientes provenientes de los eventos de fertilización principalmente de nitrógeno y fósforo hacia las costas (De Calidad, 2019). Algunos fertilizantes químicos también tienen impactos negativos sobre la salud, como es el caso de la urea, la cual es usada como la principal fuente de nitrógeno en los cultivos agrícolas (Morales et al., 2019). Así como, las actividades humanas han alterado el ciclo global del nitrógeno, debido a su elevado aporte asociado a la agricultura ocasionando cambios en diversos ecosistemas. Sin embargo, los impactos ambientales asociados repercuten en el agotamiento de los recursos naturales, en términos de suelo, nutrientes, agua y energía; en la interrupción de los ciclos biogeoquímicos debido al impacto causado a los ecosistemas terrestres con actividades agrícolas intensivas (ODS 15), y

todos los demás efectos característicos en cualquier etapa de la cadena de suministro de alimentos como lo menciona el objetivo 12 del desarrollo sustentable (Naciones Unidas, 2024).

Por tal motivo en el estado de Sinaloa que destaca por sus prácticas agrícolas. En la actualidad, se tienen varios estudios sobre la problemática ambiental entorno al uso del agua, al impacto y la contaminación que ocasiona el uso desmedido de agroquímicos (Cuadras et al., 2021); principalmente de compuestos de nitrógeno, que visto desde el punto ambiental tienen graves efectos secundarios para el medio ambiente, daños al subsuelo y la pérdida del microbioma natural tanto del suelo como de la planta (Bernal, 2021).

La sociedad busca satisfacer las demandas de alimentos a través de la agricultura para erradicar el hambre en el mundo de acuerdo con los objetivos del desarrollo sustentable pero esta actividad depende en gran medida de la fertilización química, considerando un hecho relevante que en el año 2017 en la entidad casi en un 100% de la superficie sembrada se empleó fertilización química de acuerdo con los datos que reportó el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER-SIAP, 2018).

Dentro de los cultivos que se siembran en el estado, destaca principalmente el cultivo del frijol por ser uno de los alimentos más antiguos que el hombre conoce y se encuentra entre las primeras plantas alimenticias domesticadas, es un cultivo central en la dieta de la población mexicana por su alto contenido proteico, la cantidad de carbohidratos, vitaminas y minerales, además de ser, una actividad económica y de subsistencia fundamental para muchas familias en el país (Cantaro et al., 2019; Maqueira et al., 2021).

Por tal motivo, la agricultura actual tiene que implementar prácticas más amigables con el medio ambiente; la renovación de las prácticas agrícolas para cumplir con el ODS 12, es un paso hacia la sustentabilidad del sector agrícola en cuanto a su “producción y consumo” para sostener los medios de subsistencia de las generaciones actuales y futuras, sin olvidar que es urgente reducir la huella ecológica mediante un cambio en los métodos de producción y consumo de bienes y recursos.

Una estrategia para mitigar todos los efectos antes mencionados, es el uso de microorganismos benéficos (biofertilizantes), que contribuyen a la absorción y asimilación de nutrientes, los cuales ofrecen efectos favorables que influyen en la adecuada nutrición de las plantas acelerando los procesos microbianos (Chávez et al., 2020; Cruz et al., 2021) y su rendimiento sin contaminar al medio ambiente; siendo considerada una estrategia

sustentable para disminuir los efectos de la fertilización sintética sin perder la rentabilidad de la actividad (Guillén et al., 2023).

Los biofertilizantes se definen como formulaciones, productos biológicamente activos o inoculantes microbianos que contiene una o más bacterias u hongos benéficos (Beltrán y Bernal, 2022) y se pueden incluir las algas verdes azules (Araujo y Collahuazo, 2019). Estos productos contienen células vivas o latentes de cepas de microorganismos que colonizan a la rizósfera de las plantas incrementando la disponibilidad de los nutrientes principales y promoviendo el crecimiento del cultivo utilizados para su aplicación en semillas, suelo o áreas de compostaje (Florez et al., 2021).

En los últimos años, estos productos han ganado popularidad debido a que se agregan a las plantas, otorgándole beneficios para su crecimiento, son respetuosos con el medio ambiente y su uso prolongado mejora sustancialmente la fertilidad del suelo e incluyen una fuente económica de nutrientes, excelentes proveedores de micronutrientes y de materia, destacando su importancia por la reducción de las aplicaciones de agroquímicos y sus impactos negativos (Beltrán y Bernal, 2022).

Algunos microorganismos que habitan la zona de las raíces (rizósfera) pueden ser aislados y utilizados en beneficio de los sistemas agrícolas, principalmente los microorganismos antagonistas a fitopatógenos y los que promueven el crecimiento vegetal (Loera y Caamal, 2023), como es el caso de las bacterias fijadoras de nitrógeno (Beltrán y Bernal, 2022). La fijación biológica de nitrógeno (FBN), es un mecanismo que consiste en la reducción enzimática del dinitrógeno atmosférico en forma gaseosa (N_2) a formas inorgánicas como nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) forma en que solamente las plantas toman el nitrógeno directamente desde el suelo por microorganismos de vida libre (*Azotobacter*, *Cianobacterias* y *Pseudomonas*) y simbióticos (*Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Mesorhizobium* y *Sinorhizobium*) (Morales et al., 2019; Cruz et al., 2021; Beltrán y Bernal, 2022), estos últimos, se asocian a las leguminosas a través del intercambio de carbono por nitrógeno entre ambos simbioses, ya que para las plantas el nutriente más limitado es el nitrógeno (Morales et al., 2019) y los transforman en compuestos absorbibles y metabolizables (Figura 1), dicha reacción se lleva a cabo en estructuras que se forman en las raíces de las plantas, resultado de la interacción con las bacterias fijadoras de nitrógeno, llamadas nódulos; considerándose un proceso de bajo costo, ambientalmente sustentable y que ha llevado a algunos agricultores a buscar estrategias de manejo de nitrógeno en los suelos (Mora et al., 2018; Isidra y Valdés, 2022).

El presente estudio tuvo como objetivo el aislamiento y caracterización de microorganismos nativos del suelo del frijol, se realizaron muestreos en campo para coleccionar raíces de frijol con nódulos, en la región norte del estado de Sinaloa, México; las cuales fueron identificadas morfológica y molecularmente para su uso potencial en la fijación biológica de frijol en el cultivo de frijol.

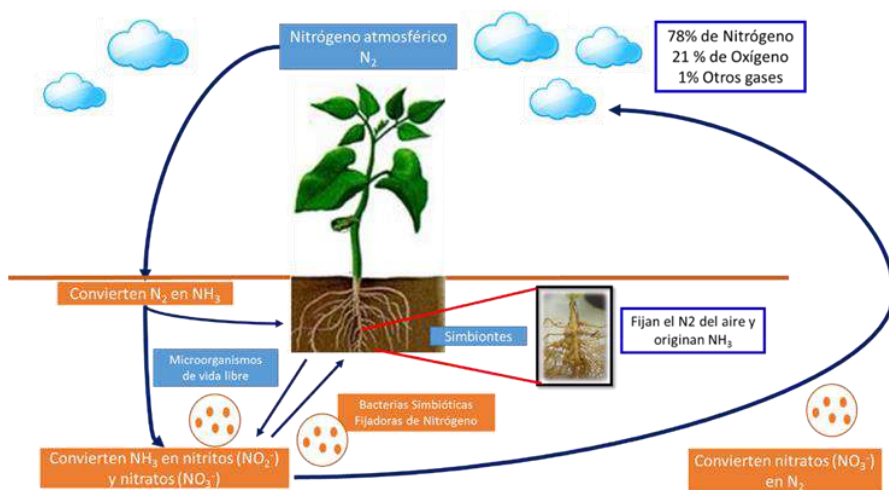


Figura 1. Representación esquemática del proceso de fijación biológica del nitrógeno por microorganismos de vidas libres y simbióticas.

Fuente: Mora et al., (2018).

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

a) Recolección de nódulos de raíces de frijol

Se tomaron muestras de suelos agrícolas con siembra de frijol con 50 a 60 días post siembra (en etapa de floración) ubicados en diferentes lotes de los municipios de Ahome y El Fuerte, para ello se realizó un muestreo dirigido de cinco de oros con guía de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte, el cual consistió en trazar un cuadrante y tomar cinco puntos equidistantes, cuatro puntos en los extremos y un punto al centro de la parcela a muestrear. Se tomaron 5 plantas por cada punto de muestreo; así mismo, se tomó referencia de la coordenada geográfica. Las plantas de frijol

fueron analizadas de su sistema radicular y las raíces que presentaban nódulos (Figura 2) fueron colectadas en tubos Falcón de 50 ml con gel de sílice y algodón para resguardarlas, se refrigeraron a 4°C para su posterior tratamiento.

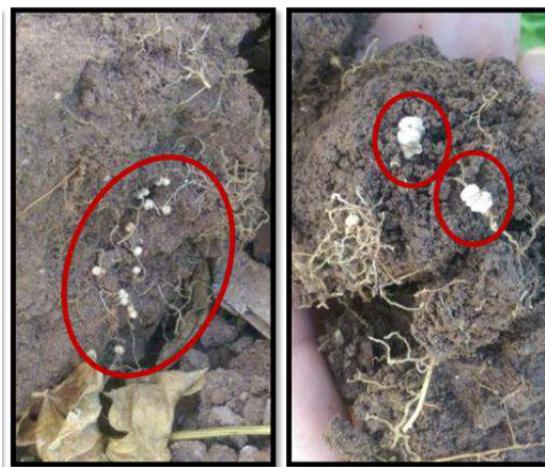


Figura 2. Raíces con frijol con nódulos muestreadas en lotes de Ahome y El Fuerte.

b) Aislamiento de bacterias a partir de nódulos de frijol

La desinfección de nódulos de raíces de frijol se realizó por inmersión sucesiva en etanol al 95% (v/v) por un minuto, seguido por una desinfección en hipoclorito de sodio al 3% (v/v) durante 3 minutos, posteriormente, se enjuagaron los nódulos con agua destilada estéril hasta retirar el olor a lejía (Somasegaran y Hoben, 2012). Los nódulos desinfectados fueron macerados en tubos eppendorf de 1.5 ml estériles con un pistilo, se tomó una asada de la muestra macerada, la cual fue sembrada por estría de acotamiento en cajas Petri con medio de cultivo ELMARC (10.0 g de manitol, 0.5 g de K_2HPO_4 , 0.2 g de $MgSO_4$, 0.1 g de NaCl, 0.5 g de extracto de levadura y 15 g de agar bacteriológico para un litro de agua destilada), se ajustó el pH a 6.8 y se agregó 10 ml de rojo congo a una concentración de 25 ppm, las cajas Petri se incubaron a una temperatura de 28°C, en un periodo de 2 a 10 días (Robledo et al., 2012).

c) Identificación morfológica de los aislados obtenidos de los nódulos de frijol

Las cajas Petri con medio ELMARC se incubaron a una temperatura de 28°C, en un periodo de 2 a 10 días, se observó el crecimiento diario de las colonias bacterianas (Figura 3 y Figura 4) de acuerdo a la morfología descrita en la literatura por Fendri et al., (2010) y Robledo et al., (2012) en la Figura 3 se representan las colonias 1. *R. phaseoli*, 2. *E. meliloti*, 3. *M. loti*, 4. *B. elkanii*, 5. *P. trifolii*, 6. *A. caulinodans*, 7. *D. neptuniae*. En la Figura 4 se describen los géneros: 1. *R. hainanense*, 2. *R. leguminosarum*, 3. *R. galegae*, 4. *R. etli*, 5. *R. lusitanum*, 6. *R. loessense*, 7. *R. giardinii*, 8. *R. mongolense*, 9. *R. indigoferae*, 10. *R. tropici*, 11. *R. yanglingense*, 12. *R. huautlense*, 13. *R. gallicum*, 14. *R. cellulosilyticum*; las colonias características del género en estudio fueron aisladas y purificadas, para su uso y conservación.

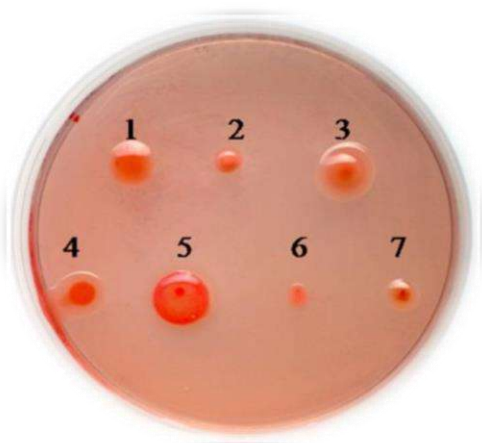


Figura 3. Representación de tipo de cepas representativa de diferentes géneros del proceso de fijación biológica del nitrógeno.

Fuente: Robledo et al., (2012).

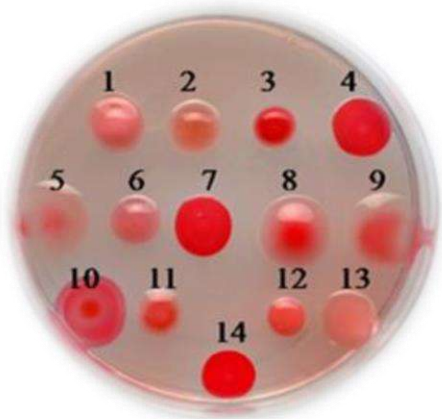


Figura 4. Representación de tipos de cepas representativas del género *Rhizobium* del proceso de fijación biológica del nitrógeno.

Fuente: Robledo et al., (2012).

d) Caracterización molecular de las cepas nativas

Las cepas obtenidas fueron crecidas en placas con medio agar nutritivo durante 48 horas para extraer el ADN genómico con DNAzol®, de acuerdo a la metodología descrita por el fabricante (Invitrogen, catalogo número 10503-027; Lote número 52561707). La integridad del ADN fue por electroforesis y calidad en el NanoDrop One/One© UV-VIS, y se almacenó a -20°C. Posteriormente, el ADN extraído fue utilizado como templado para amplificar un fragmento la región 16S rDNA por medio de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) con los oligos F2C (5'-AGA GTT TGA TCA TGG CTC-3') y C (5'-ACG GGC GGT GTG TAC-3') para amplificar un fragmento de aproximadamente ~1500 pb de 16S rDNA de cada aislado (Shi et al., 1997). La amplificación se llevó a cabo en una reacción de 25 µl que contenía 5 µl de Buffer de Taq 10X, 2 µl de MgCl₂ (50 mM), 0.5 µl de una mezcla de dNTP's (10 mM), 0.5 µl de Taq Polimerasa (50 U/µl), 2 µl de cada oligo (10 µM) y 2 µl de ADN, el programa de amplificación consistió en 1 ciclo (95°C, 4 min), 32 ciclos (95°C, 1 min; 52°C, 1 min; 72°C, 2 min) y 1 ciclo (72°C, 5 min) en un termociclador (Bio-Rad C1000). Los productos de PCR se visualizaron por electroforesis en un gel de agarosa al 1% (p/v), teñido con GelRed, se utilizó un sistema de foto-documentación Chemidoc (Bio-Rad). Posteriormente, se realizó la purificación de los productos de PCR, utilizando el kit QIAquick® PCR Purification, siguiendo las indicaciones del fabricante, y su respectiva cuantificación

espectrofotométrica, en un NanoDrop One/One®, para su envío al proceso de secuenciación.

e) **Análisis filogenético**

Las secuencias obtenidas fueron comparadas con el banco de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI; <http://www.ncbi.gov>), utilizando la plataforma BLASTn para determinar la similitud de las secuencias obtenidas con organismos que mostraran una identidad mayor al 90%, como criterio de identificación. El árbol filogenético se construyó en el programa MEGA X con el método de máxima verosimilitud (Tavaré, 1986) y el modelo de sustitución de dos parámetros (Kimura, 1980). La solidez de la topología se evaluó mediante la prueba de bootstrap usando 1000 réplicas, se incluyeron las secuencias de cuatro aislados (A4, A8, A9 y A33) y cepas de referencia de los géneros más cercanos, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* y *Pseudomonas*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la mayoría de los cultivos agrícolas que se siembran en la región, se emplean de manera excesiva fertilizantes químicos causando daños irreversibles pero estas sustancias, al no ser absorbidas por las plantas, comienzan a acumularse en el agua subterránea (Galindo et al., 2020).

Una estrategia ambiental para reducir los efectos de la fertilización química surge de manera natural de la asociación entre las especies del género *Rhizobium* y las leguminosas como el frijol ofreciendo una fuente renovable de nitrógeno para la agricultura, razón por la cual este estudio fue dirigido principalmente a nódulos de esta planta. Se colectaron 25 raíces con nódulos de frijol en un total de 83 lotes muestreados (63 del Municipio de Ahome y 20 del municipio de El Fuerte). De las cuales se obtuvieron 4 aislados a partir de nódulos de frijol, que fueron analizados de acuerdo a su crecimiento, color, forma, textura, elevación y margen de las colonias obtenidas del aislamiento (Tabla 1), basados solo en la caracterización morfológica dichos aislados con similitud al género *Rhizobium*, siguiendo la descripción en la literatura de Robledo et al., (2012).

Tabla 1. Características de crecimiento de aislados de nódulos de frijol en el Norte de Sinaloa

Aislados	Crecimiento (2 a 5 días)	Color	Forma	Textura	Elevación	Margen
A8	Moderado	Rojo	Granular	Suave- Mucilag inosa	Convexa	Ondulad a
A33	Abundante	Rojo	Puntiform e	Suave	Plana	Lobulad a
A4	Ligero	Rojo	Granular	Suave	Elevada	Ondulad a
A9	Ligero	Coral	Circular	Suave	Convexa	Entera

Fuente: construcción propia

Sin embargo, al llevar a cabo la identificación molecular se observa que los aislados caracterizados corresponden al género *Pseudomonas* con un 100% de identidad. El análisis de las secuencias de la zona 16S del ADN ribosomal de los aislados A4, A8, A9 y A33 mostró una identidad del 100% a especies del género *Pseudomonas* lo cual se confirmó al realizar un árbol filogenético con las secuencias de los aislados y con las secuencias de referencia obtenidas del Genbank; donde, el aislado A4 corresponde a *Pseudomonas sp.*, A8 y A9 a *Pseudomonas azotoformans*, mientras que el aislado A33 a *Pseudomonas syringae* (Figura 5).

De acuerdo con la literatura revisada, por mucho tiempo se describió a los rizobios como los únicos microorganismos presentes en los nódulos de leguminosas (Ramírez et al., 2019; Bernal, 2021) per aunque también, habitan otras bacterias como son las endófitas de géneros *Rhizobium*, *Bacillus* y *Enterobacter*, que se encuentran dentro de los nódulos de las leguminosas (Isidra y Valdés, 2022), las cuales pueden agruparse como bacterias inductoras de nódulos no-rizobiales y endófitos no formadores de nódulos (Castro et al., 2021; Delgado et al., 2022).

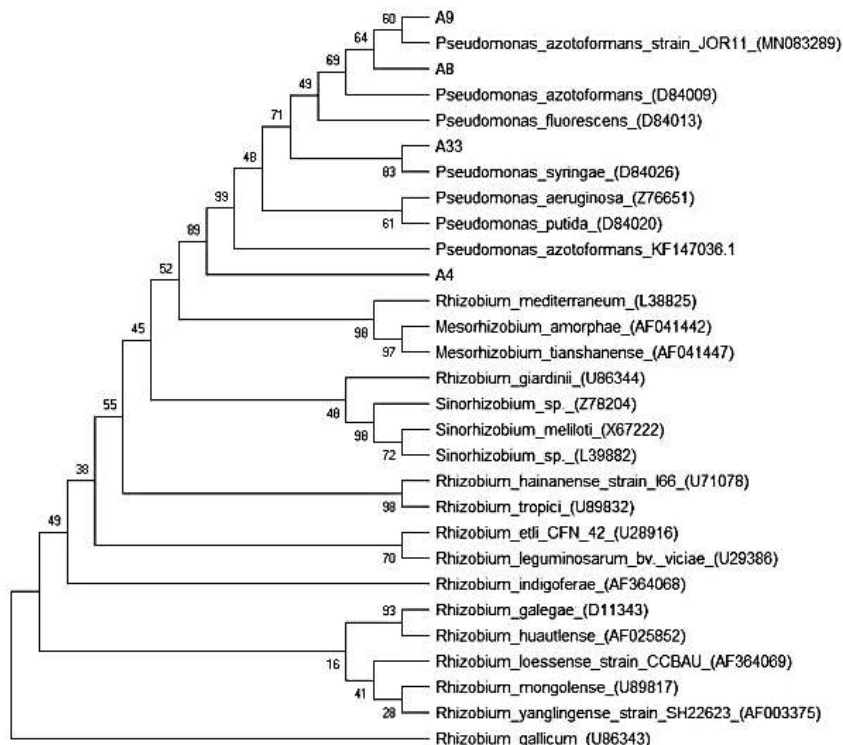


Figura 5. Relaciones filogenéticas de aislados basados en la secuencia 16S rDNA obtenidas con máxima verosimilitud con el modelo de sustitución de dos parámetros de Kimura y 1000 bootstraps.

Fuente: construcción propia.

El género *Pseudomonas* ha sido identificado como las bacterias inductoras de nódulos no rizobiales que habitan dentro de los nódulos de las leguminosas, que intervienen con la expresión de algunos genes reportados que desencadenan la formación nódulos y fijación de nitrógeno atmosférico conocidos como genes nod (Delgado et al., 2022) y nif (Aasfar et al., 2024). Además, de ser un grupo dominante asociadas a nódulos de soya (Irala et al., 2022) e incluir a especies que habitan en los suelos agrícolas con características que las hacen adecuadas para promover el crecimiento vegetal en plantas a través de diferentes mecanismos como la solubilización de fosfatos y mejora en el rendimiento (Prasad et al., 2019; Santoyo et al., 2021) presentando un potencial importante para la realizar preparados de microorganismos o bioinoculantes que pueden ser aplicados al suelo debido

a sus múltiples actividades de biofertilización mejorando el estado de los nutrientes del suelo con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización inorgánica (González et al., 2021).

Las *Pseudomonas* en la fijación de nitrógeno otorga ciertas ventajas a las plantas, como el aumento de los pelos radiculares, presencia de nódulos y promoción de la actividad de nitrato reductasa la cual permite a la planta obtener el nitrógeno (Fatimah et al., 2021). Así como, son conocidas por su capacidad para oxidar una gran variedad de compuestos orgánicos para su degradación, desnitrificación y fijación de nitrógeno; además de estar presente en diversos nichos ecológicos (Palmero et al., 2020; Aasfar et al., 2024).

El presente trabajo reporta a *Pseudomonas* sp., *P. azotoformans* y *P. syringae*; *P. azotoformans* las cuales se ha relacionado con fijación de nitrógeno principalmente en cereales (Palmero et al., 2020) y como agente de control biológico (Aasfar et al., 2024). Se atribuye que la presencia de esta bacteria en los suelos del norte de Sinaloa puede deberse a que, en los lotes agrícolas muestreados entre las comunidades de Ahome y El Fuerte, tradicionalmente se siembra maíz durante el ciclo agrícola primavera-verano y seguido por el cultivo de frijol en el ciclo agrícola otoño- invierno, destacando así, que los ecosistemas terrestres, incluyendo los suelos agrícolas, dependan en gran medida de la actividad microbiana del suelo y de los ciclos bioquímicos de los nutrimentos.

Los microorganismos benéficos del suelo, particularmente los del género *Pseudomonas* y otros como *Bacillus*, *Arthrobacter* y *Azotobacter* que intervienen en diversas funciones esenciales para las plantas como la producción de fitohormonas, facilidad en la captación de agua y solubilización de minerales y nutrimentos, incrementan la tolerancia a la sequía y salinidad, protegen a la planta contra organismos patógenos, mejoran la estructura y calidad del suelo y descomponen sustancias tóxicas (Tariq y Latif, 2021).

El análisis de la biodiversidad de microorganismos, presentes en el norte del estado de Sinaloa asociados a nódulos de frijol, con potencial para la fijación biológica de nitrógeno, reporta por primera vez a *P. syringae* y *P. azotoformans* aisladas de nódulos de frijol o también pueden llamarse endófitos de los nódulos pueden ser considerados como agentes de control biológico de enfermedades y promoción del crecimiento de las plantas, la fitorremediación, la solubilización de fosfatos, la fijación de nitrógeno, la modulación del metabolismo de las plantas y la señalización de fitohormonas que conducen a la adaptación del estrés biótico/abiótico ambiental (Castro et al., 2021), pero con estudios adicionales que

comprendan la función de dichos aislados y el potencial para ser utilizados en prácticas agrícolas son requeridos.

CONCLUSIONES

El nitrógeno es el principal nutriente que limita el crecimiento en las plantas esto se debe por la falta de compuestos disponibles. El interés de reducir los consumos de agroquímicos y la fijación biológica de nitrógeno sea vista por los agricultores como una alternativa para el cuidado del medio ambiente, económica y sustentable, la fertilización a partir de nitrógeno es uno de los más importantes factores en la generación de cultivos con altos rendimientos y debido a la interacción entre las bacterias fijadoras de nitrógeno para el suministro de este elemento a los cultivos de leguminosas y así la planta reduzca la necesidad de aplicaciones de fertilizantes nitrogenados inorgánicos con la aplicación de inoculantes de origen biológico.

La búsqueda de especies bacterianas que puedan ser empleadas en los sistemas agrícolas y con ello contribuir en un futuro a minimizar el uso de fertilizantes nitrogenados inorgánicos, la sustentabilidad de la tierra y la reducción de los gases de efecto invernadero. El presente estudio soporta la evidencia de que especies diferentes a rizobios son capaces de colonizar nódulos; en este caso se reporta a *Pseudomonas sp.*, *P. azotoformans* y *P. syringae*; *P. azotoformans* pueden tener roles en la fijación biológica del nitrógeno y/o en el control de enfermedades de plantas, sin embargo, estudios adicionales son requeridos para demostrar el potencial de estas especies como biofertilizantes, identificar cepas promotoras de crecimiento vegetal con la capacidad de biorremediar suelos contaminados con metales pesados y de incrementar la tolerancia a salinidad en cultivos con cepas de este género.

LITERATURA CITADA

Aasfar, A., Meftah Kadmiri, I., Azaroual, S. E., Lemriss, S., Mernissi, N. E., Bargaz, A., ... & Hilali, A. (2024). Agronomic advantage of bacterial biological nitrogen fixation on wheat plant growth under contrasting nitrogen and phosphorus regimes. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1388775.

- Apáez-Barrios, P., Lara-Chávez, M. B. N., Apáez-Barrios, M., & Raya-Montaño, Y. A. (2019). Producción y rentabilidad de calabacita con aplicación de zeolita y fertilizante químico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(SPE23), 211-221.
- Araujo-Abad, S., & Collahuazo-Reinoso, Y. (2019). Producción de biofertilizantes a partir de microalgas. *Cedamaz*, 9(2), 81-87.
- Beltrán-Pineda, M. E., & Bernal-Figueroa, A. A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Revista Mutis*, 12(1).
- Bernal, P. (2021). Microorganismos de interés para la agricultura del futuro: agentes de biocontrol y fijadores de nitrógeno. *Revista Alianzas y Tendencias BUAP (AyTBUAP)*, 6(21), 1-11.
- Cantaro-Segura, H., Huaranga-Joaquín, A., & Zúñiga-Dávil, D. (2019). Efectividad simbiótica de dos cepas de *Rhizobium* sp. en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Perú. *Idesia (Arica)*, 37(4), 73-81.
- Castro-del Ángel, E., Hernández-Castillo, F. D., Gallegos-Morales, G., & Ochoa Fuentes, Y. M. (2021). Bacterias endófitas y su efecto en la inducción de resistencia sistémica en el cultivo de frijol contra *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*. *Biotecnia*, 23(3), 167-174.
- Chávez-Díaz, I. F., Zelaya Molina, L. X., Cruz Cárdenas, C. I., Rojas Anaya, E., Ruíz Ramírez, S., & Santos Villalobos, S. D. L. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1423-1436.
- Cuadras-Berrelleza, Aldo Alan, Peinado-Guevara, Víctor Manuel, Peinado-Guevara, Héctor José, López-López, José de Jesús, & Herrera-Barrientos, Jaime. (2021). Agricultura intensiva y calidad de suelos: retos para el desarrollo sustentable en Sinaloa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(8), 1401-1414. Epub 02 de mayo de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2704>
- Cruz-Cárdenas, C. I., Zelaya Molina, L. X., Sandoval Cancino, G., Santos Villalobos, S. D. L., Rojas Anaya, E., Chávez Díaz, I. F., & Ruíz Ramírez, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(5), 899-913.
- DE CALIDAD, B. E. E. Í. (2019). *ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE*

INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO (Doctoral dissertation, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL).

- Delgado-Álvarez, A., Martín-Alonso, G. M., & Rivera-Espinosa, R. A. (2022). Beneficios de la coinoculación de Hongos Micorrizógenos Arbusculares y rizobios en el cultivo del frijol. *Cultivos Tropicales*, 43(3), 1-13.
- Fatimah, N., Dar, S. A., Ashraf, S., Rashid, S., Mukhtar, Y., & Mir, S. H. (2021). Biofertilizers for Sustainable Agriculture-An Overview. *Journal homepage: <http://www.ijcmas.com>*, 10(06), 2021.
- Fendri, I., Chaari, A., Dhoub, A., Jlassi, B., Abousalham, A., Carrière, F., ... & Abdelkafi, S. (2010). Isolation, identification and characterization of a new lipolytic *Pseudomonas* sp., strain AHD-1, from Tunisian soil. *Environmental technology*, 31(1), 87-95.
- Florez-Jalixto, M., Roldán-Acero, D., Omote-Sibina, J. R., & Molleda-Ordoñez, A. (2021). Biofertilizantes y bioestimulantes para uso agrícola y acuícola: Bioprocesos aplicados a subproductos orgánicos de la industria pesquera. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 635-651.
- Galaviz, M. A. A., & Fontalvo-Buelvas, J. C. (2024). Conductas de riesgo asociadas al manejo de plaguicidas químicos por parte de agricultores del norte de Sinaloa, México. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 22(43), 1-22.
- Galindo, L. A. G., Rivas, A. C., Melendez, J. P., & Mayorquín, N. (2020). Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados. *Scientia et technica*, 25(1), 172-183.
- Garcés, R. P., & Quiroz, Y. S. (2019). Enfoques y factores asociados a la inseguridad alimentaria. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 18(1), 15-24.
- Guillén, P. I. V., Beltrán, B. A. A., Quiróz, P. H. C., & Medina, L. M. V. (2023). Efectos de la fertilización nitrogenada en el cultivo de lechuga (*lactuca sativa*) en el cantón Pedro Carbo, provincia del Guayas. *SATHIRI*, 18(1), 144-157.
- González-Salas, U., Gallegos-Robles, M. Á., Preciado-Rangel, P., García-Carrillo, M., Rodríguez-Hernández, M. G., García-Hernández, J. L., & Guzmán-Silos, T. L. (2021). Efecto de fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas mezcladas con biofertilizantes en la

producción y calidad de frutos de melón. *Terra Latinoamericana*, 39.

- Kimura, M. (1980). "A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences." *Journal of molecular evolution* 16(2): 111-120.
- Irala, M. I. F., Foiss, D. A. F., & Enciso, C. R. (2022). Aplicación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal en el cultivo de soja. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 6(1), 4.
- Isidra-Arellano, M. C., & Valdés-López, O. (2022). ¿Cómo controlan las leguminosas el número de nódulos para evitar comprometer su crecimiento y desarrollo? *Revista de Educación Bioquímica*, 41(2), 51-65.
- Kumar, R., Kumar, R., & Prakash, O. (2019). Chapter-5 the impact of chemical fertilizers on our environment and ecosystem. *Chief Ed*, 35(69), 1173-1189.
- Loera-Muro, A., & Caamal-Chan, M. G. (2023). Biopelículas en la rizósfera y su papel en la producción de compuestos antimicrobiales en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 41.
- Maqueira-López, L. A., Roján-Herrera, O., Solano-Flores, J., & Milagros-Santana, I. (2021). Germinación de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a diferentes temperaturas. *Cultivos Tropicales*, 42(2).
- Mora-Romero, G. A., López-Soto, N., Ramírez, D. C., Martínez-Valenzuela, C., & Longoria-Espinoza, R. M. Fijación biológica de nitrógenos y abonos orgánicos: alternativas para el cultivo sustentable de frijol en Sinaloa. *Sustentabilidad, teoría, perspectivas y realidades*.
- Morales-Morales, E. J., Rubí-Arriaga, M., López-Sandoval, J. A., Martínez-Campos, Á. R., & Morales-Rosales, E. J. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(8), 1875-1886.
- Palmero, F., Hang, S. B., Bigatton, E. D., Lucini, E., Davidenco, V., & Díaz-Zorita, M. (2020). Modificaciones en el crecimiento temprano de trigo (*Triticum aestivum* L.) en presencia de *Azospirillum brasilense* y de *Pseudomonas psychrophila*. *Agriscientia*, 37(1), 53-62.
- Prasad, M., Srinivasan, R., Chaudhary, M., Choudhary, M., & Jat, L. K. (2019). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture: perspectives and challenges. *PGPR amelioration in sustainable agriculture*, 129-157.

- Ramírez-Puebla, S. T., Ormeño-Orrillo, E., Rogel, M. A., López-Guerrero, M. G., López-López, A., Martínez-Romero, J., ... & Martínez-Romero, E. (2019). La diversidad de rizobios nativos de México a la luz de la genómica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90.
- Robledo, M., L. Rivera, J. I. Jiménez-Zurdo, R. Rivas, F. Dazzo, E. Velázquez, E. Martínez-Molina, A. M. Hirsch and P. F. Mateos (2012). "Role of Rhizobium endoglucanase CelC2 in cellulose biosynthesis and biofilm formation on plant roots and abiotic surfaces." *Microbial cell factories* 11(1): 125.
- SADER-SIAP (2018). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Santoyo, G., Urtis-Flores, C. A., Loeza-Lara, P. D., Orozco-Mosqueda, M. D. C., & Glick, B. R. (2021). Rhizosphere colonization determinants by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Biology*, 10(6), 475.
- Shi, T., R. Reeves, D. Gilichinsky and E. Friedmann (1997). "Characterization of viable bacteria from Siberian permafrost by 16S rDNA sequencing." *Microbial Ecology* 33(3): 169-179.
- Somasegaran, P., & Hoben, H. J. (2012). *Handbook for rhizobia: methods in legume-Rhizobium technology*. Springer Science & Business Media.
- Tariq, S., Amin, A., & Latif, Z. (2021). 15. PCR based DNA fingerprinting of mercury resistant and nitrogen fixing Pseudomonas spp. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 4(1), 129-136.
- Tavaré, S. (1986). "Some probabilistic and statistical problems in the analysis of DNA sequences." *Lectures on mathematics in the life sciences* 17(2): 57-86
- Naciones Unidas en su página de internet <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONAHCyT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología) por la beca otorgada a NLS. También, a la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte y al Laboratorio de Diagnostico Fitosanitario por facilitar los equipos, personal e instalaciones para el desarrollo de este trabajo de investigación. Además, a la M.C Gabriel

Herrera Rodríguez por su contribución especial a este proyecto de investigación y a la Dra. Karla Yeriana Leyva Madrigal por las facilidades otorgadas para el desarrollo de los análisis filogenéticos de los aislados.

SÍNTESIS CURRICULAR

Nataly López Soto

Ingeniera Química (Instituto Tecnológico de Los Mochis), Maestra en Recursos Naturales y Medio Ambiente (IPN), Doctora en Sustentabilidad (Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave). Profesor de medio tiempo en el Centro De Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios No. 108. Profesor de asignatura del Departamento de Ingeniería Química, Bioquímica y Biología del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Correo electrónico: nataly.lopez.soto@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6374-3165>

Araceli Ruiz Fierro

Licenciada en Biología (Instituto Tecnológico de Los Mochis), Maestra en Fitopatología y Medio Ambiente (Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis). Gerente técnico y signatario de Bacteriología de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte. Correo electrónico: ararf_21@hotmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0912-3106>

**LA CULTURA TURÍSTICA LOCAL Y SU CONTRIBUCIÓN AL
DESARROLLO Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS
REGIONALES. CASO DE ESTUDIO: EL CERRO CABEZÓN, JUAN
JOSÉ RÍOS, SINALOA, MÉXICO**

**LOCAL TOURISM CULTURE AND ITS CONTRIBUTION THE
DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF REGIONAL RESOURCES.
CASE STUDY: EL CERRO CABEZÓN, JUAN JOSÉ RÍOS, SINALOA,
MEXICO**

Rodolfo Angel **Leyva-Reyes**; Claudia C. **Olivas-Olivo** y Silvestre
Flores-Gamboa

Resumen

La cultura turística local debe ser analizada, fortalecida y promovida desde las dimensiones social, económica y ecológica. Asimismo, se destaca su relevancia para la consolidación de destinos en desarrollo, como es el caso de la comunidad de El Cerro Cabezón. Por lo tanto, el objetivo general se determinó de la siguiente manera: analizar la participación de la comunidad en acciones que detonen la actividad turística sustentable, específicamente a través de tres acciones: identificar la postura asumida por la comunidad respecto al cuidado de su entorno, describir los recursos naturales y culturales con los que cuenta la comunidad para promover la actividad turística sustentable, y proponer alternativas que

pudieran aplicarse en la comunidad para la adopción y promoción de la cultura turística. En relación con el aspecto metodológico, se realizó un muestreo aleatorio simple sobre la población objeto de estudio, para posteriormente aplicar el instrumento; una encuesta diagnóstica dirigida a los residentes locales. Con respecto a los resultados y conclusiones de la investigación, se determinan tres dimensiones de valoración; social, económica y ambiental. Como resultado se determinó la contribución de la cultura turística local en la generación de desarrollo y aprovechamiento de los recursos regionales como alternativa de progreso.

Palabras clave: cultura turística, sustentabilidad, desarrollo local.

Abstract

Local tourism culture should be analyzed, strengthened and promoted from the social, economic and ecological dimensions. Likewise, its relevance for the consolidation of developing destinations, as in the case of the community of El Cerro Cabezón, is highlighted. Therefore, the general objective was determined as follows: to analyze the participation of the community in actions that detonate sustainable tourism activity, specifically through three actions: to identify the position assumed by the community with respect to the care of its environment, to describe the natural and cultural resources available to the community to promote sustainable tourism activity, and to propose

alternatives that could be applied in the community for the adoption and promotion of tourism culture. In relation to the methodological aspect, a simple random sampling was carried out on the population under study, in order to subsequently apply the instrument; a diagnostic survey directed at local residents. With respect to the results and conclusions of the research, three dimensions of valuation are determined; social, economic and environmental. As a result, the contribution of the local tourist culture in the generation of development and use of regional resources as an alternative for progress was determined.

Keywords: tourism culture, sustainability, local development.

INTRODUCCIÓN

La falta de cultura turística en torno al desarrollo y al aprovechamiento sostenible de los recursos, es un constante problema en crecimiento, desde las distintas regiones de México, asimismo, su efecto de acción se centra en los distintos sistemas sociales de las poblaciones locales; el área sociocultural, socioeconómica y medioambiental. En particular, en localidades con posible potencial aprovechable, como lo es, la actual sindicatura del nuevo municipio de Juan José Ríos, del estado de Sinaloa.

Con el propósito de realzar, la importancia de analizar el contexto de la cultura turística local, desde el contraste de los impactos o implicaciones en el desarrollo generado o el aprovechamiento racional y sustentable que pequeños destinos emergentes, aplican a los distintos recursos regionales. Se busca con ello, atender *“el progreso económico y social, que se ha conseguido durante el último siglo, puesto que, ha estado acompañado de una degradación medioambiental que está poniendo en peligro los mismos sistemas de los que depende nuestro desarrollo futuro y ciertamente, nuestra supervivencia”* problemática planteada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2024), en la consolidación de los objetivos de la sostenibilidad de la agenda 2030.

Definitivamente, *“un de los temas más relevantes es el desarrollo sustentable, concepto que integra aspectos sociales, económicos, y ambientales; sin embargo, el uso indiscriminado de dicho termino, sobre*

todo han propiciado que su aceptación inicial se encuentre disminuyendo” (Masias, Cordero, & Martínez, 2023, pág. 20). Es probable que, se requiera, *“una integración de los factores económicos con conceptos más sustanciales como la preservación de la tierra y las especies o la esencia propia del ser para alcanzar una mayor profundidad en el tema”* (Masias, Cordero, & Martínez, 2023), desde el sistema sociocultural de las regiones con potencial turístico del estado de Sinaloa.

Para comprender mejor, la Organización de las Naciones Unidas ha determinado mediante los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, acciones adecuadas para combatir, atender y resolver desafíos globales que aquejan tanto a países en desarrollado como a desarrollados y consolidados, desde aspectos como la producción y consumo responsables, la promoción de la cultura y los productos locales, ajustar las formaciones de los jóvenes a las necesidades del mercado laboral. Dicho lo anterior, dentro del contexto del turismo, cultura turística local y el desarrollo y aprovechamiento de los recursos, en lo que respecta a los ODS se indica en la Tabla 1, los elementos a los que se busca contribuir mediante el proceso de investigación:

Tabla 1. Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Objetivo 12: <i>producción y consumo responsables</i>
Elaborar y aplicar instrumentos para vigilar los efectos en el desarrollo sostenible, a fin de lograr un turismo sostenible que cree puestos de trabajo y promueva la cultura y los productos locales (meta 12.b)
Objetivo 15: <i>Vida de ecosistemas terrestres</i>
Movilizar y aumentar de manera significativa los recursos financieros procedentes de todas las fuentes para conservar y utilizar de forma sostenible la diversidad biológica y los ecosistemas (meta 15.a) (ONU, 2024)

Fuente: elaboración propia con datos de ONU 2024.

Es así que, el objetivo número 12 de los ODS, se busca atender en la localidad de El Cerro Cabezón, mediante el respectivo análisis de la cultura turística local, en relación al desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos de la zona, especialmente de la bahía de Navachiste. Examinando su estado de conservación, en contraste a la propia percepción del residente, y los datos recabados del proceso de observación no participante obtenidos durante las visitas y los recorridos guiados por la

localidad y la bahía. Analizados mediante sus respectivas; variables, dimensiones e indicadores.

Asimismo, en torno al objetivo número 15 de los ODS, se planteó la contribución de análisis y acciones llevadas a cabo, principalmente mediante la aplicación del instrumento de investigación; encuesta diagnóstica, conformada por tres aspectos o dimensiones de relevancia sobre el entorno social de la localidad objeto de estudio. No obstante, se le brindó la prioridad al análisis del aprovechamiento de los recursos y ecosistemas con los que cuenta la localidad, mediante acciones de gestión de financiamiento, capacitación y orientación en la planeación, realización y consolidación de proyectos y acciones productivas o de atención y servicio, detonando la economía local.

Caso de estudio: El Cerro Cabezón, Juan José Ríos, Sinaloa

Con respecto al área de estudio, donde se llevó a cabo la investigación se centra en; la Bahía de Navachiste, específicamente en la localidad de El Cerro Cabezón, reconocida recientemente como sindicatura del municipio de Juan José Ríos, localizada en el municipio. Cullas coordenadas geográficas son las siguientes, (latitud; 25.4333) (longitud -108.8). Aledañas a la bahía se encuentran comunidades entre las cuales se destacan: El Cerro Cabezón, El Caracol, El Huitusi, El Tortugo y San Ignacio.

Población

De acuerdo al (INEGI, 2022) en el censo de población y vivienda, la comunidad de El Cerro Cabezón, cuenta con una población de 2889 habitantes, de los cuales; 1510 son masculinos y 1379 son femeninos, asimismo, los ciudadanos se dividen en 1176 menores de edad y 1713 adultos, de los cuales 177 tienen más de 60 años.

Antecedentes locales

La localidad de El Cerro Cabezón, en la bahía de Navachiste “*cuenta con patrimonio de carácter original y cultural, siendo declarada Área Natural Protegida el día 02 de agosto de 1978 como zona de; reserva y refugio de aves migratorias y fauna silvestre*” (Lindoro, 2017, pág. 13)., ubicada en el municipio de Juan José Ríos.

La zona de bahía de Navachiste “está conformada por tres sistemas lagunares en el cual existen un total de 18 islas con riqueza de flora, fauna y vestigios indígenas como lo son los petroglifos y algunas esculturas de barro” (Lindoro, 2017, pág. 14). Asimismo, se destaca, la relevancia biocultural de la zona objeto de estudio, al contar con los recursos, pero no cuenta con la experiencia y orientación para detonar o consolidarse en el ámbito turístico.

Servicios turísticos

En el lugar determinado como objeto de estudio, El Cerro Cabezón cuenta con la presencia de servicios básicos de carácter informal, carentes en su mayoría de capacitación, medidas adecuadas de seguridad y/o logística, ofertados por los mismos pobladores locales.

- Servicio de recorridos interpretativos guiados en lancha; se hacen los paseos por una ruta que los mismos pobladores ya acostumbran, acercándose lo más posible a los principales y atractivos puntos de la bahía, dando la oportunidad de realizar observación de flora y fauna, fotografiar el paisaje, nadar en ciertas áreas, apreciar el avistamiento de delfines, aves, etc. El servicio que se brinda es caracterizado por el buen trato y total disposición hacia cualquier visitante que busque conocer el lugar.
- Quienes brindan la actividad no cuentan con el equipo necesario para cubrir las necesidades esenciales de seguridad, ya que no en su mayoría se dedican primordialmente a la pesca u otra actividad.
- Alimentación; caracterizada por ser principalmente a base de producto marítimo fresco de la bahía de Navachiste, por lo cual lo extenso del menú se apega a la temporada de pesca. Se brinda el servicio informal de alimentación, en espacios improvisados establecidos en las propias viviendas de la comunidad, buscando atender de la mejor forma posible al visitante (dentro de sus propias posibilidades). A pesar de no contar con orientación o capacitación en sus actividades, brindan un servicio informal, lo mejor posible.
- En aspectos de hospedaje, resalta el hecho de que en la zona objeto de estudio no cuenta con establecimiento que brinde tal servicio.

Contrastando, con los datos anteriores, se expresa en la siguiente Tabla 2:

Tabla 2. Atractivos de la zona de estudio

1	El Cerro Cabezón; cerro representativo del lugar.
2	Playa de los Poetas, en la bahía de Navachiste.
3	Monumentos y/o construcciones características de la playa de los Poetas.
4	Arco de piedra en la bahía de Navachiste.
5	Paisajes naturales, relieves, cerros característicos de la bahía de Navachiste, avistamiento de aves y fauna marina.
6	Centro ecoturístico; ubicado en la Bahía de Navachiste cerca de la población El Cerro Cabezón.
7	El Cerro Blanco, distintivo lugar de la bahía de Navachiste en las cercanías de El cerro Cabezón
8	Gastronomía, basada principalmente en producto marítimo local de temporada

Fuente: elaboración propia.

Cultura turística y ambiental

Se debe agregar que, al referirse al contexto de cultura ambiental se, “*evalúa el nivel de conocimiento y acción que tienen las personas sobre prácticas relacionadas con el ambiente. Específicamente, se busca evaluar las prácticas que llevan a cabo para reducir su impacto negativo en el ambiente*” (Meza, Zequeira, Martínez, & Gama, 2024, pág. 69).

En contraste se determina que, “*a nivel mundial, los espacios naturales bien conservados se han convertido en una importante fuente para el turismo y las actividades recreativas al aire libre*” (Inostroza, Osorio, & Farías, 2024, pág. 2). Lo cual, motiva, a pequeños destinos emergente, con potencial de incursionar o mejorar en el ámbito turístico regional. “*Sin embargo, la naturaleza es también demandada y usada por otros sectores productivos, lo cual genera un escenario de competencia espacial entre el turismo de naturaleza y otros usos intensivos*” (Inostroza, Osorio, & Farías, 2024, pág. 2).

Pilares del desarrollo sostenible

Asimismo, se puede considerar que; (García & Cantera, 2024) indica que son, por lo tanto, *“el aspecto económico, el aspecto social y el aspecto medioambiental, los que integran y a su vez constituyen el fundamento de sostenibilidad y, por ende, los que deben imbuir el sentido y proyección de las acciones humanas en sociedad”* (pág. 79).

El primer objetivo que persigue el desarrollo sostenible es el medioambiental.

- “Los recursos naturales y biológicos de los que dispone el ser humano son muchos, pero no ilimitados, y la actitud que se tenga ante ellos condiciona su preservación, su menoscabo o su destrucción” (García & Cantera, 2024, pág. 80).
- *El segundo pilar* que debe formar parte del concepto integrador de sostenibilidad es el carácter social.
- “El desarrollo sostenible debe buscar una armonía entre el progreso humano y la conservación del medioambiente, mejorar la empleabilidad y las condiciones laborales de las mujeres y personas con problemas de acceso al mercado laboral” (García & Cantera, 2024, pág. 80).
- *La tercera meta* a la que debe aspirar la sostenibilidad, junto con el aspecto medioambiental y social que acabamos de presentar, es la económica.
- “Hasta hace apenas una década, el modelo existente en el mundo era de un crecimiento ininterrumpido, permanente y, en muchas ocasiones, desmesurado, donde la ganancia y los beneficios económicos se encontraban por encima del medioambiente y de las personas” (García & Cantera, 2024, pág. 80).

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Área objeto de estudio y tamaño de la muestra poblacional

La presente investigación contemplo, con respecto al objeto de estudio, a la localidad de El Cerro Cabezón perteneciente al municipio de Juan José Ríos, Sinaloa, gracias a sus características y elementos bioculturales, realzando su

nulo y poco desarrollado aprovechamiento en el ámbito turístico. Asimismo, por su idóneo acceso a la bahía de Navachiste y su basto recurso costero.

Se realizó la aplicación de la técnica: encuesta diagnostica, dirigiéndose a los distintos grupos sociales de la localidad de El Cerro Cabezón, como lo son; amas de casa, adultos mayores, jóvenes, prestadores de servicios turísticos, cooperativas, autoridades locales, etc. Con la finalidad de obtener los distintos criterios, percepciones y opiniones de la población en general. Con una población de 2824 personas, de las cuales 1468 son hombres y 1356 son mujeres, de acuerdo al centro de población y vivienda 2022 realizado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI, 2022). Para la estimación de los colaboradores en el análisis, fue utilizada una ecuación estadística para proporciones poblacionales.

$$n= z^2 (p*q) / e^2 + (z^2 (p*q) / N$$

Simplificando los datos:

n= Tamaño de la muestra.

z= Nivel de confianza deseado.

p= Proporción de la población con la característica deseada (éxito).

q= Proporción de la población sin la característica deseada (fracaso).

e= Margen de error dispuesto a cometer.

N= Tamaño de la población. Quedando los valores como se ilustra en la Tabla 3:

Tabla 3. Valoración para el tamaño de muestra poblacional

n= 339	z= 95%	p= 50
q= 50	e= 5%	N= 2824

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a, la formula implementada para determinar una representatividad de las personas de la localidad de El Cerro Cabezón, se requirió una participación de 339 individuos mayores de edad, incluyendo los principios de igualdad y equidad de género, en los criterios de aplicación del instrumento.

Tipo de muestreo probabilístico

Otro rasgo de suma importancia, es el tipo de muestreo determinado para la aplicación del instrumento de investigación. El muestreo aleatorio simple, se determinó como un subconjunto de la muestra poblacional determinada, anteriormente. Cabe señalar, que cada individuo se elige al azar y por completa casualidad, durante la aplicación de la encuesta diagnóstica, llevada a cabo directamente en los domicilios y por las calles de la localidad, durante los recorridos de campo.

Tipo de investigación y alcance

En relación con, los aspectos metodológicos, se establecieron los siguientes elementos de la investigación presentados en la Tabla 4: en torno, a la cultura turística local y su contribución al desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos regionales.

Tabla 4. Estructuración metodológica

Enfoque:	Método:	Técnicas:	Alcance:
Mixto	Descriptivo	Observación no participante Encuesta diagnóstica	Correlacional

Fuente: Elaboración propia.

Enfoque y método de investigación

De igual manera, se determinó un enfoque mixto de investigación, integrando y vinculando los principales elementos tanto de la investigación cualitativa como de la cuantitativa, reforzando con ello, las áreas de oportunidad o delimitaciones propias de cada una.

Por lo que se refiere al modelo metodológico planteado: Descriptivo; se puede expresar que, se busca analizar y especificar las propiedades, las características y los perfiles sociales de los residentes locales de la localidad de El Cerro Cabezón, en torno a la cultura turística que poseen actualmente, ante el desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos. Así mismo,

resulta de utilidad al momento de mostrar con bastante precisión las dimensiones; socioculturales, socioeconómicas y socioecológicas, a examinar del objeto de estudio.

Estudio de alcance correlacional

Se debe agregar que, la finalidad del alcance correlacional por el cual se ha optado para la estructuración metodológica de la investigación, es conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. Dicho de otra manera, se busca analizar la relación existente entre la cultura turística local en comparación al desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos regionales.

Técnicas de investigación

En relación con las técnicas de investigación, aplicadas, se centran en dos acciones tomadas; la observación no participante; generada durante las distintas visitas generadas al destino, objeto de estudio, principalmente durante los recorridos guiados, en el transcurso de la aplicación de los instrumentos. La realización de una encuesta diagnóstica dirigida a la población en general, contemplando los distintos grupos sociales de la localidad; autoridades locales, prestadores de servicios, cooperativas, emprendedores, amas de casa, adultos mayores, jóvenes estudiantes, etc.

Elaboración de la encuesta diagnóstica

Centrándose en la finalidad de conseguir un panorama general, acerca del análisis de la población local que reside en la localidad de El Cerro Cabezón, se determinó un instrumento orientado en tres principales aspectos: Aspectos del entorno y cultura turística local, entorno socioeconómico y área medioambiental. La formulación de los diferentes reactivos gira en torno al objetivo general de; analizar la participación de la comunidad en acciones que detonen la actividad turística sustentable vinculando directamente las variables, dimensiones e indicadores de valoración establecidos, tal como se puede apreciar en la Tabla 5:

Tabla 5. Estructura de encuesta diagnóstica

Elementos de estudio:	Características de los reactivos.	Número de reactivos.
Datos generales.	Solicitud de datos como lo son; nombre, genero, edad y escolaridad.	4
Aspectos del entorno y cultura turística local.	Elementos capaces de determinar el conocimiento del entorno, potencial del destino y cultura hacia el desarrollo de actividades turísticas.	14
Entorno socioeconómico .	Determinación de los beneficios económicos, gestión, capacitación y orientación de la actividad turística local.	4
Área medioambiental.	Examinar el estado actual de medio ambiente de la localidad y de la bahía de Navachiste, planteando el papel de los residentes locales, en el desarrollo.	6

Fuente: Elaboración propia.

Variables, dimensiones e indicadores

Se considera como fenómeno de estudio la cultura turística local, siendo la variable independiente cuya dimensión analizada es el sistema sociocultural. De igual manera, se determina el desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos regionales, como variable dependiente, de la cual se desprende las dimensiones; de los sistemas socioeconómicos y socioecológicos. Asimismo, las dimensiones establecidas cuentan con sus respectivas variables capaces de brindar los elementos necesarios de; observación, identificación y valoración para ser analizadas a través de ciertos indicadores.

Al respecto, se puede destacar que, “la sociedad es un pilar para el diseño e implementación de estos marcos que permiten, a quienes los elaboran, comprender integralmente el comportamiento del sistema en aspectos ambientales, económicos y sociales” (Meza, Zequeira, Martínez, & Gama, 2024, pág. 65). No obstante, “no tiene sentido hablar de sostenibilidad en una sola dimensión, más aún se debe interrelacionar con otras para tener una perspectiva amplia del sistema” (Meza, Zequeira, Martínez, & Gama, 2024,

pág. 65). debe interrelacionar con otras para tener una perspectiva amplia del sistema.

Dimensión del sistema sociocultural

Tabla 6. Variables e indicadores; cultura turística local

Variables:	Indicadores:
Reconocimiento de la importancia de la actividad turística, en la comunidad.	% Valoración del potencial turístico como medida sustentable de desarrollo por parte del destino.
Interrelación e integración con los turistas y visitantes.	% Valoración por parte del destino, de la importancia de la honradez y amabilidad hacia los foráneos, visitantes y turistas.

Fuente: elaboración propia.

Hay que mencionar, además que el desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos regionales, concebido como el fenómeno de estudio de variable dependiente, se centra en el análisis de los sistemas; socioeconómicos y socioecológicos. Por lo cual, se desprenden los siguientes elementos de apoyo, como indicadores de valoración para la toma de resultados.

“Desde sus orígenes, la actividad turística presenta una continua expansión y diversificación, lo que la convierte en uno de los sectores socio-económicos de mayor envergadura a escala global. Tal crecimiento ha ocasionado un evidente interés de los gobiernos” (Schenkel, 2023, pág. 2).

Tabla 7. variables e indicadores; desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos

Dimensión del sistema socioeconómico	
Variables:	Indicadores:
Conservación de aquellos bienes, susceptibles de uso turístico.	% Valoración por parte de la población local de los recursos bioculturales, así como de las áreas potencialmente turísticas.

Identificación del grado de relevancia ante la posibilidad de generar un desarrollo sustentable por parte del destino.	% Valoración del grado de relevancia ante la posibilidad de generar un desarrollo sustentable por parte del destino.
--	--

Dimensión de los sistemas socioeconómicos

Distinguir de qué forma se reflejan los beneficios económicos a la comunidad, al recibir visitantes.	% Valoración de los beneficios económicos que obtiene la comunidad al recibir visitantes.
Examinar la relevancia de recibir cursos o talleres, para la atención de los visitantes, diferenciando el interés por participar e involucrarse en los procesos de capacitación y orientación.	% Valoración del grado de interés del residente local, ante la posibilidad de recibir capacitación y orientación entorno a la mejora de la atención y servicio al cliente.
Contrastar, si se lleva a cabo la gestión de apoyos gubernamentales o de organizaciones privadas para el financiamiento de proyectos.	% Valoración por parte de la población local, en torno a la gestión de financiamiento de proyectos.

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se llevó a cabo la presente investigación por la problemática que se identificó en la comunidad de El Cerro Cabezón perteneciente al municipio de Juan José Ríos, Sinaloa sobre el análisis de la cultura turística local y su contribución al desarrollo y aprovechamiento de los recursos regionales, siendo que el área de estudio dispone de recursos naturales capaces de aprovechar a través de la actividad turística.

La distribución por sexo de las personas que se entrevistaron para esta investigación, el 42% son de sexo masculino, mientras que el 58% femenino, señalando estos porcentajes una considerable diferencia entre la cantidad de hombres y mujeres que respondieron los cuestionarios, buscando con ello ser lo más equitativamente posible, tratando de cumplir con el principio de equidad de género.

En lo que corresponde a la distribución de edad se aprecia que el 14% corresponde al intervalo de 17 a 30 años, el 52% al intervalo en rango de edad entre 31-49, el 32% concierne al intervalo 50-69 años, finalmente el 16% representa las personas que tienen edad avanzada o más de 70 años. Estos datos muestran que la mayoría de las personas encuestadas son

menores de 50 años, representando una población madura y consciente capaz de impactar en el desarrollo turístico de la zona. Así mismo, se analiza el grado de escolaridad de las personas encuestadas en la comunidad de El Cerro Cabezón, determinando que se posee un amplio interés por la educación básica.

Del total de las personas encuestadas, el 30% cuenta con estudios de primaria, el 26% concluyeron la secundaria, el 30% el bachillerato, apenas el 8% de los encuestados posee una carrera técnica, licenciatura o ingeniería, el 6% indicó no haber estudiado. Se destaca que más de la mitad de la población encuestada cuenta con estudios de educación básica: primaria, secundaria y media superior.

Resultados

Resultados de la dimensión; social y cultura turística local

Se puede destacar el hecho de que, la cultura turística se encuentra basada en fundamentos desde la propia perspectiva del desarrollo sustentable, siendo considerado hasta cierto punto como la forma pertinente de administrar los recursos; naturales, materiales, económicos y humanos propios de un destino, propiciando con ello que se logre obtener la mayor satisfacción tanto para visitantes como para los turistas, reflejando con ello un amplio beneficio para la comunidad receptora. Se logra deducir que los habitantes perciben como principales atractivos naturales y culturales de la zona, centrándose la gran mayoría en las playas y la apreciación del paisaje de distintos puntos de la bahía de Navachiste, demostrando la relevancia que brindan a dichos entornos, brindando oportunidad para orientar sobre el correcto aprovechamiento sustentable y cuidado que pueden llevar a cabo.

Actualmente la actividad turística de forma indirecta incide mediante la mejora de la infraestructura básica y de servicios en las zonas receptoras, contribuyendo significativamente en las condiciones de vida de la población local. Es por ello, que el turismo se establece como un fenómeno capaz de llevar a una comunidad rural a la consolidación o declive. Al diferenciar si es que los habitantes reconocen lo que es el turismo se puede apreciar que la gran mayoría confirma comprender lo que conlleva, brindando aspectos relevantes de fortalecimiento de la cultura turística para atender, orientando adecuadamente a la población en lo que es llevar a cabo turismo de forma sustentable.

Se define, que positivamente una considerable mayoría de los encuestados conciben de importancia y relevancia la generación un desarrollo turístico, brindando las condiciones necesarias para la participación, de la comunidad local en ser participe de su propio desarrollo.

Los principales comentarios de los encuestados giran en torno a los beneficios en aspectos económicos tras la generación de nuevas fuentes de empleo, dejando de lado lo favorable que pudiese ser al medio ambiente y ecosistemas, si es que se trata de forma sustentable y consciente.

Aun así, cabe mencionar que los servicios turísticos que brindan los mismos pobladores de la comunidad, cuentan con la atención y hospitalidad óptimas para los visitantes, asimismo se llevan a cabo de manera informal capacitación, sin embargo, se recomienda implementar programas de formación y preparación constante a los prestadores de servicios para brindar un mejor servicio de calidad, y aprovechar las áreas de oportunidad para obtener un mayor número de visitantes, y por ende generar fuentes de empleo a los mismos habitantes de la comunidad.

Es importante mencionar que no poseen una gran variedad de actividades disponibles para los visitantes, las que promocionan solamente se concentran en la apreciación del paisaje y/o degustación de su variedad gastronómica, señalando con ello un área de oportunidad donde se pudiese ampliar el catálogo de actividades complementarias tales como:

1. Pesca deportiva.
2. Participación y apreciación en la pesca tradicional.
3. Paseo en Kayak.
4. Campamentos en la orilla de playa.
5. Senderos interpretativos.
6. Participación en la gastronomía.

Resumiendo, que el visitante llega principalmente en los periodos vacacionales de verano, buscando el disfrute de las playas, productos marítimos de temporada y la cercanía en comparación a otros destinos de la región norte de Sinaloa. Para una población rural involucrada en la actividad turística, no es suficiente el sentido propio de amabilidad y hospitalidad, es necesario fortalecer la cultura turística de los habitantes (prestadores de servicio, autoridades locales, localidad en general) brindando las herramientas necesarias para sobrellevar o iniciar un adecuado aprovechamiento de los recursos locales.

La mejora de las actividades dirigidas para el visitante ya existentes en la comunidad es un aspecto que los mismos habitantes logran considerar, asimismo perciben la necesidad de formalizar y/o mejorar los servicios de hospedaje y alimentación aunado a ello el ampliar las opciones para distintos tipos de viajeros resulta interesante para ellos.

Se logra detallar que la población local considera el entorno natural como principal elemento de atracción o inclusive como alternativa para un aprovechamiento sustentable de los recursos, indicando conocimientos en los habitantes sobre la importancia y relevancia del medio ambiente. En relación a lo anterior se puede inferir que la mayoría de los habitantes encuestados no consideran perjudicial el desarrollo de alguna modalidad de turismo en el área, percibiéndose positivamente la presencia de actividad turística. Los habitantes locales son capaces de percibir y comprender que los principales aspectos idóneos de fortalecer la atracción de visitantes son en relación a la bahía de Navachiste y su aprovechamiento. Brindando la oportunidad de concientizar a la población al respecto.

Se logra distinguir un área de oportunidad para atender, la falta de participación de los habitantes en el desarrollo turístico sustentable generado en el área, así como la gestión de más proyectos que incentiven y promuevan el sentido de pertenencia. Sobre las debilidades analizadas desde la perspectiva de los habitantes se logra apreciar la necesidad de fortalecer la oferta de actividades complementarias a las ya existentes, de igual forma se requiere mejorar el servicio de alimentación y hospedaje ya que los pocos existentes en el lugar operan informalmente.

Resultados de la dimensión; socioeconómica

Se logra distinguir que, en su mayoría, los encuestados indican que se aprecia de forma positiva beneficios a la economía local gracias al apoyo de la actividad primara, la creación de nuevos empleos tras el aprovechamiento de los recursos de la bahía de Navachiste. Resaltando el hecho de que si se aprecia beneficios económicos por parte de los habitantes locales.

Se destaca el hecho de que negativamente la mayoría de los encuestados comenta no contar con apoyos gubernamentales, destacando con ello falta de la integración de la población, asimismo la nula gestión de proyectos y/o ayudas para el sector turístico donde se promueva la organización y participación en general.

Se puede considerar el hecho de que, el proceso de formación del espacio turístico o destino turístico, se llega a generar a partir de la existencia y

propio crecimiento de determinadas áreas de los recursos y atractivos tanto de carácter natural, histórico cultural, socio productivo y humano. Es por lo cual, la población anfitriona capacitada y preparada juega un rol fundamental en los distintos procesos turísticos. Gracias a lo que señalan habitantes de El Cerro Cabezón, perteneciente al municipio de Juan José Ríos, Sinaloa se logra distinguir claramente que hace falta atender y fortalecer el aspecto de capacitación brindada a la población, centrándose no solamente en las actividades primarias, sino en apostarle al aspecto turístico.

Resultados de la dimensión medioambiental

En aspectos medioambientales se cuestiona a los pobladores de El Cerro Cabezón, respecto a la relación de la actividad turística generada actualmente con el entorno natural de la Bahía, el consiente aprovechamiento de los recursos y el interés que se posee por preservar el área.

“El concepto de impacto proviene de la idea del cambio que produce la actividad humana sobre algún componente del sistema. En el contexto del ambiente, la literatura señala que un impacto se refiere al cambio que produce dicha actividad humana sobre algún componente físico, biológico o social” (Sánchez, Zambrano, & González, 2023, pág. 91).

En relación a los problemas ambientales que se identifican en la comunidad y en la Bahía de Navachiste, resulta preocupante que el 52% de los habitantes encuestados señala la presencia de contaminación en el área, principalmente a orillas de la bahía por residuos de las cooperativas y los mismos pobladores. Un paisaje poco agradable puede llegar a ser perjudicial para el área turística y puede repercutir en pérdidas económicas importantes.

No obstante, *“la sostenibilidad de los hogares es un gran desafío en la actualidad. En ellos se desarrollan actividades que aceleran la degradación del ambiente como, por ejemplo, la mala disposición de residuos sólido”* (Meza, Zequeira, Martínez, & Gama, 2024, págs. 64-79).

Se puede resaltar el hecho de que, una considerable mayoría de los encuestados principalmente por parte de los prestadores de servicio turístico, demuestra interés y cuidado por mitigar el daño de contaminación en la bahía. Asimismo, la población local no lleva a cabo medidas adecuadas que atiendan el daño generado al ecosistema. Es de suma importancia que el anfitrión local sea consciente del estado en que se encuentra el entorno que lo rodea, aunado, a la propia motivación de contrarrestar o mitigar el daño

al ambiente brindando con ello la oportunidad de aumentar las posibilidades de incursionar en la generación de desarrollo turístico sustentable.

Al cuestionar, si es que los habitantes conocen o están informados, si se han realizado en alguna ocasión estudios previos sobre el cuidado del medioambiente en la zona, el 60% comenta que no se han llevado a cabo, mostrando un total desconocimiento sobre el tema. El 34% afirma que, si se han realizado análisis sobre el estado del entorno, asimismo el 6% no quiso contestar. Lo anterior señala falta de información medioambiental y comunicación efectiva a la población local.

Con respecto al opinión de los habitantes sobre la modificación del paisaje, se logra expresar considerablemente la preocupación por la notable alteración del entorno, que se percibe debido al descuido del medio ambiente, la sobre explotación de las áreas naturales, el inadecuado manejo de residuos provenientes de la comunidad y cooperativas pesqueras. Las principales zonas de desarrollo turístico cuentan con riquezas naturales, uno de ellos son los litorales costeros con alto valor paisajístico, lo que les atribuye un gran atractivo para el impulso de la actividad turística mediante el aprovechamiento de los recursos y la modificación del paisaje.

Los principales aspectos que aprecian los pobladores del entorno, se centran en lo característico del paisaje natural propio de la bahía de Navachiste, mostrando el interés de los habitantes la oportunidad de fortalecer los vínculos con el medio ambiente, optando por el adecuado aprovechamiento de los recursos. Un destino turístico emergente que muestra interés en sus recursos naturales, brinda la oportunidad de concientizar y fortalecer la cultura turística de los habitantes mediante técnicas sustentables de aprovechamiento.

“Cualquier tipo de turismo requiere la configuración de un destino turístico, es decir, el proceso mediante el cual se adaptan los activos territoriales para volverlos atractivos y motivar una demanda turística” (Vianchá & Rojas, 2024, pág. 9).

Al examinar si es que los habitantes de El Cerro Cabezón han escuchado hablar sobre aspectos de sustentabilidad en la comunidad, se puede distinguir que no se brinda la información adecuada por parte de las autoridades locales o inclusive que no, se es suficientemente claro al respecto de cómo se aplica la sustentabilidad en la zona, siendo un tema de relevancia para la población en general. Para llevar adelante una estrategia de turismo sustentable en un destino emergente, es indispensable que estén integrados todos aquellos que se encuentran involucrados, de una forma o de otra, en esta actividad, ya que se deben contemplar las diferentes posturas y motivaciones de las partes interesadas para lograr fines comunes.

CONCLUSIONES

En rasgos generales se puede establecer qué; se identifica que los trabajos de atracción al turismo, necesitan fortalecimiento y correcta planeación estratégica en conjunto con autoridades locales y el área de turismo del municipio de Juan José Ríos. Asimismo, la mayoría de los habitantes locales se mantienen de la pesca, se abstienen a buscar nuevas oportunidades (estrategias) para mejorar su calidad de vida, no contribuyen al desarrollo de la comunidad por el sentimiento de apatía y la falta de unidad comunitaria, a pesar que están en un punto clave y cuentan con vías de acceso terrestres y marítimas para llegar a la localidad.

“Cualquier tipo de turismo requiere la configuración de un destino turístico, es decir, el proceso mediante el cual se adaptan los activos territoriales para volverlos atractivos y motivar una demanda turística. En este proceso se combinan servicios, infraestructura, equipamientos, actividad turística” (Vianchá & Rojas, 2024, pág. 8).

El desaprovechamiento de los recursos naturales con los que cuenta la localidad de El Cerro Cabezón por su acceso a la Bahía de Navachiste, propicia a la posible llegada, toma o gestión de los recursos naturales por parte de agentes externos, asimismo, a la degradación del entorno y/o alteración del paisaje por malas prácticas de conservación o uso inadecuado.

Demostrando la necesidad de acciones y alternativas sustentables que involucren a todos los agentes del destino. Se necesita la correcta preparación estratégica y logística para que puedan dar un buen servicio y encontrar las actividades que pueden realizar de acuerdo a su edad, preparación y recursos, posteriormente considerar las ventajas para el desarrollo equitativo de la comunidad. Con la finalidad de determinar las primordiales causas que influyen en la ausencia de la generación de un desarrollo turismo de forma sustentable y equitativa en comunidad, se distinguen ciertos aspectos:

- Negativamente se logra contrastar que los habitantes no cuentan con los conocimientos necesarios debido a la falta de capacitación, para tratar a los turistas y visitantes; reflejándose en la baja calidad de servicio que brindan, asimismo, problemas de contaminación de residuos sólidos urbanos (basura en su mayoría) repercuten en las calles del lugar y en la costa de la Bahía, aunado a ello, se percibe apatía por parte de los habitantes.
- Considerando los datos anteriores, se brindan resultados que impactan y repercuten en la comunidad y en sus habitantes, así

como en el sistema lagunar de Navachiste, reflejándose en la falta de cultura turística y ambiental.

- Se sugiere que se tiene que considerar un modelo de turismo sustentable capaz de mejorar la economía local de los habitantes, así como establecer en conjunto (autoridades locales y municipales, prestadores de servicios, cooperativas pesqueras y pobladores en general) estrategias que orienten en una dirección fundamental en beneficio de la calidad de vida en los aspectos económicos, ambientales, sociales y culturales.

Recomendaciones

Se sugiere la correcta planeación y ejecución de un turismo sustentable y acciones que fortalezcan la cultura turística de los tres principales actores (autoridades, prestadores de servicios y población local), encaminado a la transformación o creación de nuevos espacios y prestadores de servicios turísticos capacitados, orientados al paisajismo y al turismo de aventura en la zona, la oportuna oferta del lugar a los visitantes locales y regionales y demás mercados.

Para favorecer la actividad turística, atender las áreas de oportunidad identificadas, se sugiere:

Incentivar y promover acciones de reforestación de plantas y árboles nativos del estado, en la localidad de “El cerro cabezón” particularmente en la zona de la entrada y en el área de embarcadero de los pescadores, con la finalidad de aumentarlas áreas verdes de los sitios visitados y puntos claves de llegadas de los visitantes y turistas. Asimismo, siendo los mismos pobladores de la comunidad quienes puedan cuidar, apreciar y mantenerlas en óptimo estado.

Gestionar ante las autoridades necesarias, sobre el adecuado manejo de los desechos sólidos (basura) y programas intensivos de concientización ambiental mediante las instancias educativas de la localidad, dichos desechos en su mayoría terminan en la costa de la bahía por el propio descuido y negligencia de los mismos habitantes, repercutiendo en el ecosistema y en la alteración del paisaje. Se puede destacar, que para conseguir este propósito se requiere fomentar y fortalecer la cultura turística y ambiental continuamente, al cuidado, respeto y aprecio por la naturaleza, involucrando a todos los integrantes del poblado mediante programas que vinculen a las instancias educativas y habitantes.

Mejorar los servicios turísticos que actualmente se brindan en la localidad de “El Cerro Cabezón” desde distintos aspectos a considerar: Capacitación continua y adecuada en brindar servicios de calidad y calidez, preparación en primeros auxilios y adquisición de equipo especial de seguridad (chalecos salvavidas, botequín de primeros auxilios presentes y necesarios en las lanchas que brindan servicio de recorridos guiados) garantizando la seguridad de cada cliente.

Adaptar los recursos para cubrir las necesidades de los clientes, en cuestión de los prestadores de recorridos guiados en lancha por las cercanías de la bahía de Navachiste, las utilizan de igual forma para la actividad de pesca; siendo necesario adecuar alguna especie de estructura que proporcione sombra y cuidado por el intenso sol durante el trayecto.

Establecer comunicación directa con el área encargada de turismo en el municipio de Juan José Ríos, Sinaloa para la correcta orientación y trabajo en conjunto ante la gestión de; acciones de promoción y mercadotecnia a nivel regional y estatal, diseños de planes y programas estratégicos de desarrollo turístico sustentable y programas de financiamiento y capacitación para las empresas familiares que prestan algún tipo de servicio turístico.

LITERATURA CITADA

- García, M. R., & Cantera, C. J. (2024). Mancomunidades de municipios 2.0: hacia su reconversión, además de proseguir con sus tradicionales funciones, en instrumentos de sostenibilidad, desarrollo rural y lucha contra la despoblación. *Revista de Estudios de la Administración Local y Autonómica*. Nueva época, 74-95.
- INEGI. (1 de mayo de 2022). *Cátalo go de Localidades*. Obtenido de *Cátalo go* de Localidades: <http://geoweb.inegi.org.mx/mgn2k/cataLOGO.JSP>
- Inostroza, V. G., Osorio, G. M., & Farías, A. (2024). Conflictos socioambientales y el rol del turismo: estudio de caso comparado en la Patagonia chilena. *Redalyc*, 1-25.
- Lindoro, S. (2017). Modelo hidrodinámico en el sistema lagunar Navachiste, Guasave, Sinaloa México. *Revista de biología marina y oceanografía*, 52(2), 219-231.

- Masias, a. L., Cordero, R. J., & Martínez, V. C. (2023). Estudio de la percepción social sobre la exposición a plaguicidas en Sinaloa y el uso de plantas medicinales como alternativa tradicional para su tratamiento. *Ra Ximhai*, 18.
- Meza, A. J., Zequeira, L. C., Martínez, S. J., & Gama, C. L. (2024). ¿Hogares urbanos sostenibles? Una propuesta de evaluación en una comunidad del sureste de México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 64-79.
- ONU. (5 de mayo de 2024). *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- Sánchez, A. L., Zambrano, M. M., & González, G. A. (2023). Medición de impactos socioeconómicos en estudios ambientales: Una aproximación metodológica. *Nóesis Revista de Ciencias Sociales*, 89-105.
- Schenkel, E. (2023). El desarrollo de destinos turísticos a partir de áreas naturales protegidas en Argentina: un análisis territorial de las políticas de valorización turística. *Redalyc*, 1-18.
- Vianchá, S. Z., & Rojas, P. H. (2024). El auge del turismo y su impacto en los medios de vida y los territorios entre 2007 y 2022. *redalyc*, 6.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco a mi esposo R. Miguel Suarez quien motiva y comparte el interés y aprecio por la actividad turística, desde sus múltiples facetas sociales. Le dedico, el presente trabajo, como incitación para continuar con el desarrollo de nuevas obras de investigación en contribución al turismo.

A mis profesores de licenciatura, quienes inculcaron y fortalecieron en todo momento mi interés por la investigación del desarrollo turístico en pro de las comunidades locales.

SÍNTESIS CURRICULAR

Rodolfo Ángel Leyva Reyes

Licenciado en Turismo Empresarial con énfasis en turismo alternativo, por la Universidad Autónoma Indígena de México, unidad Mochicahui. Participante como coautor en publicación de capítulo de un libro, participación como ponente magistral en congresos nacionales de investigación en el área de turismo. Correo electrónico: angeleyva2103@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009000185386947>

Claudia C. Olivas Olivo

Licenciatura en Administración Turística con estudios de Maestría en Administración. Doctora en Gestión del Turismo por la Universidad Autónoma de Occidente campus Mazatlán, Profesor Tiempo Completo por la Universidad Autónoma de Occidente, autora y coautora de varios libros y artículos de investigación en el campo del Turismo, desarrollo regional y sustentabilidad en revistas indizadas y arbitradas a nivel nacional e internacional. Correo electrónico: claudia.olivas@uadeo.mx ORCID: <https://orcid.org/0000000251486691>

Silvestre Flores Gamboa

Licenciado en Turismo con estudios de Maestría en Ciencias Sociales con énfasis en Desarrollo Regional por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Doctor en Gestión en Turismo por la Universidad de Occidente, campus Mazatlán. Profesor investigador Tiempo Completo por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), nivel I; del Instituto de Apoyo a la Investigación y a la Innovación (INAPI), en Sinaloa. Autor y coautor en varios libros y artículos de investigación en el campo de la educación y el turismo en revistas indizadas y arbitradas a nivel nacional e internacional. Galardonado con el Premio Eustaquio Buelna a la mejor tesis de posgrado 2017 (nivel doctorado) por el Instituto de Apoyo a la Investigación y a la Innovación (INAPI). Correo electrónico: silver@uas.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0000000240099442>

ANÁLISIS EN LA PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES HACIA LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LOS MOCHIS

ANALYSIS STUDENTS PERCEPTION'S TOWARD ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AT INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LOS MOCHIS

Lennin Enrique **Amador-Castro**; Román Edén **Parra-Galaviz** y Esther Graciela **Lizárraga-Mata**

Resumen

El calentamiento global representa una amenaza latente que nos obliga a tomar conciencia y acciones para cuidar el medio ambiente a nivel local e institucional. En este sentido, este trabajo tiene como objetivo fomentar en los estudiantes una cultura responsable respecto a los recursos institucionales, con la finalidad de apoyar en un esfuerzo integral la formación de una institución sostenible. Los resultados muestran una buena participación de los estudiantes en proyectos de innovación tecnológica, sin embargo, es fundamental continuar creando una conciencia educativa para aprovechar la gestión de los recursos institucionales. Para ello, se realizó un estudio con una muestra aleatoria de estudiantes del Tecnológico Nacional de México Campus Los Mochis (TecNM Los Mochis). A nivel metodológico se presenta una investigación descriptiva utilizando como instrumento de medición

un cuestionario en la escala Likert. Se utilizó el software estadístico IBM SPSS para medir la confiabilidad de los ítems a través del coeficiente alfa de Cronbach, el cual representa un índice confiable para estimar la consistencia interna de una escala que contribuye a evaluar el grado de correlación de los ítems.

Palabras clave: Alfa de Cronbach, escala de Likert, sostenibilidad ambiental institucional.

Abstract

Global warming represents a latent threat that forces us to become aware and take action to care the environment at local and institutional level. In this sense, this work aims to foster a responsible culture regarding institutional resources in students, with the object for supporting in comprehensive effort the formation of a sustainable institution. The results show a

good participation in technological innovation projects by students, however, it is essential to continue creating a education awareness to take advantage of institutional resources management. For this, a study was carried out with a random sample students from Tecnológico Nacional de México Campus Los Mochis (TecNMLosMochis). At methodological level, a descriptive research is presented using a survey on the Likert scale as a

measurement instrument. IBM SPSS statistical software was used to measure the reliability of items through Cronbach alpha coefficient, which it represents a reliable index to estimate the internal consistency of a scale that it contributes to evaluate the extent items correlation.

Keywords: Cronbach alpha, Likert scale, institutional environmental sustainability.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad nos encontramos con un planeta devastado con problemas ambientales como el cambio climático, el cual representa uno de los mayores retos de la humanidad en el siglo XXI. Sin embargo, desde décadas anteriores las actividades humanas han sido el principal factor del cambio climático, debido fundamentalmente a la quema de combustibles fósiles. De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2023), los científicos han demostrado que las actividades humanas son responsables del calentamiento global de los últimos 200 años, generando gases de efecto invernadero que elevan la temperatura del planeta a un ritmo más acelerado que los 2000 años anteriores.

Así mismo, los recientes cambios que se presentaron en la mayoría de los países en materia social y económica ante el distanciamiento social producto del SARS-CoV-2 modificaron los patrones en el suministro eléctrico, alterando el comportamiento de las emisiones indirectas de carbono (Amador, Parra, y Rodríguez, 2022). Por lo tanto, las situaciones específicas anteriores junto con datos de conocimiento generalizado en la población, como la emisión de gases de efecto invernadero, han llevado a la búsqueda de concientización de la población por parte de organizaciones pro-ambientalistas y algunos gobiernos. Así, determinar la percepción de la población ante los problemas ambientales ha tomado parte en el campo de investigación sociocultural (Gädicke, Ibarra, y Osses, 2017).

Es fundamental seguir estableciendo estrategias que contrarresten los efectos adversos del cambio climático, por lo que conocer el grado de percepción y conocimiento que tienen las personas sobre el cuidado del medio ambiente puede ser una contribución directa al calentamiento global. En este sentido, la educación ambiental representa uno de los campos de estudio que proporciona información para comprender el origen de los

comportamientos ambientales de las personas hacia el medio ambiente, por ello se requiere de la información generada por la investigación en distintos campos de estudio aportando información relevante sobre las percepciones ambientales.

La percepción ambiental implica el proceso de conocer el ambiente físico inmediato a través de los sentidos, a diferencia del conocimiento ambiental el cual comprende el almacenamiento, la organización y la reconstrucción de imágenes de las características ambientales que no están a la vista en el momento; al mismo tiempo interviene las actitudes que con respecto al ambiente son los sentimientos favorables o desfavorables que las personas tienen hacia las características del ambiente físico (Flores y Herrera, 2010).

En este orden, surge el concepto de sostenibilidad universitaria que ha definido como una dimensión ética inherente a la docencia en el marco de procesos colaborativos que buscan la participación de la comunidad, que considera la dinámica social y cultural e impone al sujeto su configuración profesional, colectiva, con elementos de empatía, tolerancia, colaboración y responsabilidad para una formación ciudadana (Acosta, 2017). No obstante, en algunos casos se considera de forma errónea que el concepto de sostenibilidad es conocido por todos en las universidades con el fin de impactar en forma directa con la educación ambiental en la sociedad, sin embargo, es necesario conocer los puntos de vista de los distintos actores involucrados para determinar estrategias de seguimiento (Martínez y Juárez, 2019).

De esta forma, se debe abordar que dicho concepto refleje una educación que sea incluyente, ética, profesional, dinámica, participativa, con metodología, prospectiva, de respeto a la biodiversidad y a las personas. Esto significa tener el conocimiento para la apertura al cambio, permitiendo la integración universitaria en todos sus niveles en la búsqueda de aprendizajes reales y relaciones humanas de calidad, encaminadas en crear un mundo con sentido sostenible que involucre a las generaciones presentes y futuras estableciendo una conciencia y cultura ambiental con mejor calidad de vida entre las personas (Izarra, 2017).

Por esta razón, es importante considerar con gran precisión la atención que requiere la sostenibilidad universitaria, sobre todo por los aprendizajes que deben responder a las necesidades de las empresas e incluir estrategias globales transversales con aspectos ambientales, geopolíticos, energéticos, socioeconómicos, integrando a las organizaciones con la comunidad, con el fin de establecer los vínculos necesarios con la naturaleza para el cuidado del medio ambiente. De acuerdo con Martínez y Juárez (2019), esto se logrará siempre y cuando la sociedad comprenda las actitudes que se requiere para ello, por lo que es necesario educar y organizar a la población,

así como también que las empresas admitan su responsabilidad y utilicen este concepto como parte de su identidad corporativa para generar atmósferas de corresponsabilidad, en beneficio de los ecosistemas existentes en las diferentes actividades productivas y de la misma sociedad.

Ante la situación que nos encontramos por el cambio climático y a la “nueva normalidad” vinculada a los acontecimientos del COVID-19, generada a escala mundial, lleva a replantear el papel a nivel económico, cultural y educativo, teniendo este último una parte fundamental en la generación de estrategias para la ciudadanía, desde posiciones de resiliencia y de auto concienciación de cara a asumir responsabilidades compartidas que permitan afrontar esta crisis. Por lo anterior, esta prioridad educativa, involucra y toma como referente al marco internacional de acción avalado por los planteamientos generados con el diseño de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) de la agenda 2030 (Tovar, Poza-Vilches, y Ladino, 2022).

Por lo tanto, un método de obtención de datos que permita la evaluación de actitudes de individuos y grupos de personas, considerando también la evaluación de métodos y experiencias, cuya eficacia radica en el ámbito de las actitudes y valores serán las conocidas como tipo Likert. Las escalas tipo Likert constituyen uno de los instrumentos más utilizados en Ciencias Sociales, estudios de mercado y más recientemente han incursionado en estudios relacionados con los recursos naturales y medio ambiente. Estas escalas, representan instrumentos psicométricos donde el encuestado debe indicar su acuerdo o desacuerdo sobre una afirmación, ítem o reactivo, desarrollándose a través de una escala ordenada y unidimensional (Matas, 2018).

Dado que la valoración de cualquier rasgo afectivo no puede efectuarse mediante calificaciones, ya que es la orientación formativa y el diagnóstico los que deben permitir la evaluación de estos objetivos, este trabajo desarrolla un estudio para conocer las actitudes favorables de los estudiantes en la percepción de la sostenibilidad ambiental institucional, considerando las escalas de carácter cuantitativo como instrumentos adecuados para obtener información sobre las creencias de cada individuo.

En este sentido, tomando como referencia el trabajo de Tuapanta, Duque y Mena, (2017) y Amador, Parra y Rodríguez (2022) se utilizó el cuestionario como instrumento de medición basado en la escala de Likert a través del coeficiente Cronbach, con la finalidad de recabar la información estadística necesaria para desarrollar una cultura de concientización en las instituciones privadas y educativas en cuanto al cuidado, ahorro y uso correcto de los recursos institucionales, contribuyendo a la reducción en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que se producen a la atmósfera. Con

esto, se permite favorecer las buenas prácticas hacia el cuidado del medio ambiente en cumplimiento con el ODS 13 impulsando iniciativas ecológicas y medioambientales, garantizando una educación de calidad de acuerdo a las metas establecidas en el ODS 4 de la agenda 2030, asegurando también que los estudiantes adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible mediante la educación y los estilos de vida sostenibles (ONU, 2021).

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

La investigación corresponde a un trabajo de paradigma positivista, ya que se utiliza el método cuantitativo buscando un enfoque descriptivo mediante la explicación científica y analítica con la aplicación de un cuestionario para profundizar desde la percepción en los informantes en el objeto de estudio (Amador, Parra, y Rodríguez, 2022). Además, se desarrolla un análisis correlacional a través del programa *IBM SPSS Statistics* (Rodríguez y Reguant, 2020), con el fin de identificar los ítems del cuestionario que repercuten mayormente en la percepción y conocimiento de los estudiantes en el cuidado del medioambiente y la sostenibilidad institucional.

El estudio se llevó a cabo con estudiantes del Tecnológico Nacional de México Campus Los Mochis (TecNMLosMochis), el cual corresponde a un centro de educación superior ubicado en la ciudad de Los Mochis, municipio de Ahome, al norte del estado del Sinaloa. En el instrumento de medición para el cuestionario se utilizó un muestreo aleatorio entre los estudiantes de las carreras de Ingeniería Química, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable y Contabilidad tal como se muestra a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Relación de alumnos encuestados

Institución	Carreras	Alumnos encuestados
TecNMLosMochis	Ingeniería Industrial (IIND)	42
	Contabilidad (CP)	62
	Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable (IIAS)	52

Ingeniería Bioquímica (IBQ)	21
Ingeniería Química (IQ)	20

Fuente: Elaboración propia.

El instrumento de medición de la encuesta se diseñó de manera electrónica a través de la plataforma de Microsoft TEAMS. Cada una de las preguntas se basó empleando una escala de Likert de 5 puntos, usada comúnmente como una escala psicométrica estándar para medir respuestas.

Esta escala de medición tiene un procedimiento que facilita la construcción y administración de un cuestionario, así como la codificación y análisis de la información recabada (Li, 2013). Partiendo de la idea para determinar las actitudes de los estudiantes hacia un conocimiento favorable en el manejo adecuado de los recursos de la institución, se desarrolló un cuestionario de 30 ítems utilizando la siguiente escala de Likert (Tabla 2):

Tabla 2. Escala de Likert utilizado para conocer el nivel de percepción de los estudiantes

Número de ítems	Escala de Likert				
10	Siempre (5)	Casi siempre (4)	Algunas veces (3)	Casi nunca (2)	Nunca (1)
13	Totalmente de acuerdo (5)	De acuerdo (4)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (3)	Desacuerdo (2)	Totalmente Desacuerdo (1)
3	Muy bueno (5)	Bueno (4)	Regular (3)	Malo (2)	Muy malo (1)
4				Si (2)	No (1)

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se realizó una evaluación a través del coeficiente alfa de Cronbach (α) con el fin de identificar las actitudes favorables y el grado de conocimiento de los estudiantes sobre el manejo adecuado de los recursos

de la institución. Este coeficiente fue empleado como prueba de fiabilidad de consistencia interna en los ítems de un instrumento de medida en la validación hacia un consumo sostenible de acuerdo con el ODS 12 de la agenda 2030.

El coeficiente alfa de Cronbach (α), descrito en 1951 por Lee J. Cronbach, se refiere a un índice para medir la consistencia interna de una escala que sirve para evaluar la extensión en que los ítems de un instrumento son correlacionados. En otras palabras, el coeficiente α es el promedio de las correlaciones entre los ítems que son parte de un instrumento por medio del análisis en el perfil de las respuestas (Tuapanta, Duque, y Mena, 2017). El objetivo es recabar información con un nivel de fiabilidad aceptable, enfocada a medir aspectos en el conocimiento y actitud de los estudiantes en el uso de los recursos institucionales y el cuidado del medio ambiente, con el fin de crear una cultura de concientización para un consumo sostenible.

Por otro parte, el alfa de Cronbach representa el coeficiente de fiabilidad mayormente reportado en la literatura, por lo que, este parámetro estadístico mide la fiabilidad de consistencia interna, grado en que las respuestas son consistentes a través de los ítems dentro de una medición.

Si la consistencia interna es baja, entonces el contenido de los ítems puede ser tan heterogéneo que la puntuación total no es la mejor unidad posible de análisis para la medición. Conforme la consistencia interna se acerca a cero, las puntuaciones cada vez más y más se vuelven números aleatorios y los números aleatorios no miden nada (Maese, Alvarado, Valles, y Báez, 2016). Por lo tanto, este parámetro se determina mediante el siguiente modelo matemático (Cronbach, 1951):

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^k \sigma_j^2}{\sigma_T^2} \right] \quad (\text{ec. 1})$$

Donde:

k = Cantidad de ítems incluidos en la escala.

σ_j^2 = Varianza del ítem j , para $j=1, \dots, k$.

σ_T^2 = Representa la varianza de la suma total de todos los puntos (varianza de toda la prueba).

Para calcular la varianza, el cual representa la medida en que los datos se encuentran entorno a la media, se emplea la siguiente ecuación (Levin y Rubin, 2004):

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x - \mu)^2}{N} \quad (\text{ec. 2})$$

Donde:

x = Elemento u observación de cada ítem.

μ = Media del total de los datos.

N = Número total de ítems incluidos en el cuestionario.

Por último, de acuerdo con Levin y Rubin, (2004) el coeficiente de correlación es la segunda medida que se puede utilizar para describir qué tan bien explica una variable a otra, y se determina por la raíz cuadrada del coeficiente de determinación de muestra, el cual éste último parámetro es la principal forma en que se puede medir el grado, o fuerza, de la asociación que existe entre dos variables, X y Y :

$$r = \sqrt{\frac{a \sum Y + b \sum XY - n \bar{Y}^2}{\sum Y^2 - n \bar{Y}^2}} \quad (\text{ec. 3})$$

Donde:

X = Valores de la variable independiente.

Y = Valores de la variable dependiente.

n = Número de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación tratan de inferir en la percepción estudiantil, respecto al uso de los recursos con que cuenta la institución educativa y la sostenibilidad de la misma.

Para ello, se diseñó un cuestionario de 30 preguntas con escala de Likert con el fin de recopilar el grado de conocimiento de los estudiantes en cuanto al tema del desarrollo sostenible (Tabla 3), la relación y compromiso institucional con el medio ambiente (Tabla 4) y la educación ambiental institucional (Tabla 5).

Tabla 3. Cuestionario para determinar el grado de conocimiento de los estudiantes

Número	Ítems
1	¿Me preocupa la conservación y la condición del medio ambiente en mi localidad?
2	¿Puedo influir y contribuyo a la conservación del medio ambiente con mis acciones?
3	¿Creo que estamos llegando al límite de consumo y contaminación que la Tierra es capaz de soportar?
4	¿Conoces el concepto de desarrollo sostenible y contribuyes con el medio ambiente?
5	¿Considero que es importante la educación medioambiental en las instituciones educativas?
6	¿Participas regularmente en eventos de sostenibilidad para el beneficio social de tu comunidad e institución?
7	¿Cuándo participo en actividades extraescolares en mi institución para el cuidado del medio ambiente me siento bien?
8	¿Considero que las acciones educativas que implementa mi institución en el desarrollo sostenible contribuyen con la sociedad?
9	¿Con qué frecuencia fomentas el desarrollo sostenible en tu hogar e institución?
10	¿Crees que el ahorro de energía ayuda a mejorar el medio ambiente y la economía?

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Cuestionario para determinar la percepción del compromiso institucional

Número	Ítems
11	¿En la institución los temas relacionados con sostenibilidad ambiental son desarrollados por algún departamento administrativo correspondiente?
12	¿Considero que contar con redes de colaboración institucional, empresarial o social contribuye a desarrollar proyectos sostenibles donde los alumnos participen?

13	¿Con qué regularidad participo en proyectos de desarrollo tecnológico e innovación que contribuyan al desarrollo sostenible?
14	¿Considero importante incluir criterios de sostenibilidad ambiental en la planificación de las instalaciones educativas?
15	¿Se implementa algún plan específico o línea de acción de sostenibilidad que considere el cuidado del agua, ahorro de energía eléctrica y reciclaje de basura en mi institución?
16	¿Considero que implementar una política ambiental para la sostenibilidad institucional contribuye en la educación ambiental de los estudiantes?
17	¿Considero que el desarrollo y estatus actuales en temas de sostenibilidad en la institución deben mejorarse?
18	¿Crees que la educación ambiental está lo suficientemente presente en la retícula escolar?
19	¿Crees que crear una cultura de concientización en el uso correcto y eficiente de la energía eléctrica contribuirá a mejorar el desempeño de la red eléctrica de la institución?
20	¿Consideras que el uso de las energías renovables contribuye con el medio ambiente?

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Cuestionario para determinar la percepción en la educación ambiental institucional

Número	Ítems
21	¿Existen temas de educación ambiental en los programas de estudio o asignaturas para el desarrollo sostenible?
22	¿Considero importante la educación ambiental en los programas de estudio o asignaturas para el desarrollo sostenible?
23	¿Con que frecuencia los docentes proyectan el interés hacia los estudiantes en temas de la sostenibilidad ambiental?
24	¿Considero que los docentes en las aulas hacen énfasis con temas de la sostenibilidad relacionando la asignatura con el cuidado del medio ambiente?
25	¿Consideras interesante poder acceder a un programa gratuito y online para formarte en educación ambiental?
26	¿Consideras que los docentes cuentan con los recursos suficientes y accesibles para poder enseñarte aspectos relacionados con el medio ambiente?
27	¿Cómo consideras el papel que desempeñan los medios de difusión, redes sociales institucionales en la educación ambiental?
28	¿Crees que el aprendizaje al aire libre potencia la sensibilidad por el cuidado del medio ambiente?

- 29¿Cómo consideras tu interés y motivación para participar en programas de desarrollo social?
- 30¿Cómo consideras tu participación en el manejo de los recursos de la institución para el cuidado del medio ambiente?, por ejemplo: cuidado del agua, reciclaje, desperdicio de desechos y ahorro de la energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

En el instrumento de medición se evaluó en cada estudiante el grado de conocimiento, la percepción y el cuidado de los recursos de la institución. Para determinar las correlaciones y el nivel de fiabilidad de los ítems se utilizó el programa *IBM SPSS Statistics*, encontrándose que el nivel de fiabilidad mejoraba si se suprimían los ítems 4 ó 5 en las respuestas proporcionadas por los alumnos de las carreras de IIND (Tabla 6), IAS (Tabla 7), CP (Tabla 8) e IBQ, IQ (Tabla 9).

Tabla 6. Estadísticas del total de elementos para el cuestionario de la carrera de IIND

Nº ítems	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Item1	118.43	80.202	.367	.888
Item2	118.64	77.503	.506	.885
Item3	118.93	81.434	.066	.894
Item4	121.38	82.876	-.101	.893
Item5	121.33	82.764	-.116	.892
Item6	119.24	78.430	.224	.893
Item7	118.60	79.222	.272	.890
Item8	118.93	75.922	.567	.884
Item9	118.71	80.453	.198	.891
Item10	118.76	77.113	.480	.886
Item11	119.14	73.686	.434	.889
Item12	118.88	77.132	.481	.886

Item13	119.21	74.319	.453	.887
Item14	118.76	77.015	.490	.886
Item15	121.50	79.183	.441	.887
Item16	118.55	78.546	.488	.886
Item17	118.62	78.681	.429	.887
Item18	119.24	74.332	.514	.885
Item19	118.81	76.353	.554	.884
Item20	118.83	79.020	.292	.889
Item21	121.55	78.693	.469	.887
Item22	118.67	77.154	.537	.885
Item23	119.02	73.243	.651	.881
Item24	119.00	73.707	.671	.881
Item25	118.93	74.848	.671	.882
Item26	118.74	77.515	.482	.886
Item27	118.74	75.857	.661	.883
Item28	119.24	73.991	.518	.885
Item29	118.90	74.479	.701	.881
Item30	118.69	76.804	.521	.885

Fuente: Elaboración propia con datos del software *IBM SPSS Statistics*.

Tabla 7. Estadísticas del total de elementos para el cuestionario de la carrera de IIAS

Nº ítems	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Item1	117.58	109.739	.548	.925
Item2	117.88	107.006	.715	.923
Item3	117.90	110.442	.422	.928

Item4	120.38	116.163	.242	.928
Item5	120.17	118.734	-.063	.929
Item6	118.13	106.354	.531	.927
Item7	117.50	114.255	.336	.928
Item8	117.92	108.739	.636	.924
Item9	117.63	113.452	.389	.927
Item10	117.79	107.425	.717	.923
Item11	117.75	108.230	.628	.924
Item12	117.63	114.511	.324	.928
Item13	118.12	106.575	.651	.924
Item14	117.52	112.647	.550	.926
Item15	120.31	115.276	.403	.927
Item16	117.63	111.687	.621	.925
Item17	117.69	113.080	.421	.927
Item18	117.96	110.940	.519	.926
Item19	117.58	112.092	.544	.926
Item20	117.58	113.465	.456	.927
Item21	120.29	115.660	.376	.927
Item22	117.63	112.393	.553	.926
Item23	117.85	107.623	.662	.924
Item24	117.83	106.656	.782	.922
Item25	117.75	112.897	.414	.927
Item26	117.58	111.935	.521	.926
Item27	117.81	108.237	.637	.924
Item28	117.73	108.946	.659	.924
Item29	117.65	110.192	.624	.924
Item30	117.67	106.656	.728	.923

Fuente: Elaboración propia con datos del software *IBM SPSS Statistics*.

Tabla 8. Estadísticas del total de elementos para el cuestionario de la carrera de CP

Nº ítems	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Item1	105.95	161.096	.478	.904
Item2	106.26	162.457	.449	.905
Item3	105.58	167.985	.261	.907
Item4	108.58	168.313	.255	.907
Item5	108.26	171.998	-.096	.909
Item6	107.18	154.542	.593	.902
Item7	106.08	158.928	.469	.905
Item8	106.61	163.618	.328	.907
Item9	105.50	166.680	.389	.906
Item10	106.81	150.552	.646	.901
Item11	106.79	154.464	.562	.903
Item12	106.06	164.520	.453	.905
Item13	107.44	151.233	.606	.902
Item14	105.85	163.175	.413	.905
Item15	108.84	166.859	.359	.906
Item16	105.73	166.038	.347	.906
Item17	105.55	166.645	.373	.906
Item18	107.16	151.121	.663	.901
Item19	105.81	161.765	.469	.905
Item20	105.56	166.414	.386	.906
Item21	108.56	166.184	.435	.906
Item22	105.65	166.167	.363	.906
Item23	107.11	151.938	.649	.901
Item24	107.00	151.967	.665	.901
Item25	105.82	163.722	.394	.906
Item26	105.87	161.557	.445	.905
Item27	106.18	158.279	.647	.902
Item28	106.68	156.124	.561	.903
Item29	106.42	156.477	.615	.902
Item30	106.13	157.721	.577	.903

Fuente: Elaboración propia con datos del software *IBM SPSS Statistics*.

Tabla 9. Estadísticas del total de elementos para el cuestionario de la carrera de IBQ, IQ

Nº ítems	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Item1	108.07	108.370	.162	.858
Item2	108.51	104.206	.342	.854
Item3	107.85	111.278	-.031	.862
Item4	110.83	109.495	.156	.857
Item5	110.51	111.256	.000	.858
Item6	109.44	100.002	.539	.848
Item7	108.17	105.595	.258	.857
Item8	108.54	99.505	.564	.847
Item9	107.73	108.351	.271	.855
Item10	108.56	102.602	.451	.851
Item11	109.05	98.948	.522	.848
Item12	108.07	104.820	.465	.851
Item13	109.44	101.952	.372	.854
Item14	107.83	106.645	.451	.853
Item15	111.02	107.974	.288	.855
Item16	107.88	105.260	.474	.851
Item17	107.93	107.920	.243	.856
Item18	109.46	103.855	.305	.856
Item19	107.85	106.078	.409	.853
Item20	107.73	108.251	.281	.855
Item21	110.83	106.995	.414	.853
Item22	107.95	105.198	.469	.851
Item23	109.44	98.052	.562	.846
Item24	109.39	94.044	.750	.839
Item25	108.34	105.230	.255	.857
Item26	108.29	102.762	.469	.850
Item27	108.32	104.922	.398	.852
Item28	108.78	97.176	.521	.848
Item29	108.73	102.601	.384	.853
Item30	108.29	104.912	.415	.852

Fuente: Elaboración propia con datos del software *IBM SPSS Statistics*.

Lo anterior se realiza con el fin de recabar información estadística para cuantificar el grado de conciencia ecológica, manteniendo un nivel de confiabilidad aceptable en dicho instrumento de medición tal como se muestra en la Tabla 10, que de acuerdo con Meneses et al. (2013) concluyen que la fiabilidad adecuada oscila entre 0.7 y 0.95. Por lo tanto, esto significa que el ítem 5 no aporta demasiada consistencia interna en el conjunto de prueba de los datos, ya que presenta una correlación negativa, e incluso correlación nula como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 10. Nivel de fiabilidad de los ítems

Estadísticas de fiabilidad	
Carrera profesional	Alfa de Cronbach
IIND	0.890
IIAS	0.928
CP	0.907
IBQ, IQ	0.857
Promedio	0.912

Fuente: Elaboración propia con datos de *IBM SPSS Statistics*.

Por otro lado, si analizamos la Figura 1 se puede observar que la mayor cantidad de ítems se encuentran en la escala de Likert 5 “*Totalmente de acuerdo/Siempre/Muy bueno*” con 2,346 respuestas del total de los alumnos encuestados representado el 40%, mientras que la menor cantidad es para la escala de Likert 1 “*Totalmente desacuerdo/Nunca/Muy malo*” con un promedio de 245. Así mismo, los datos con escala de Likert 4 “*De acuerdo/Casi siempre/Bueno*” están representados con 1,827 respuestas equivalente al 31%.

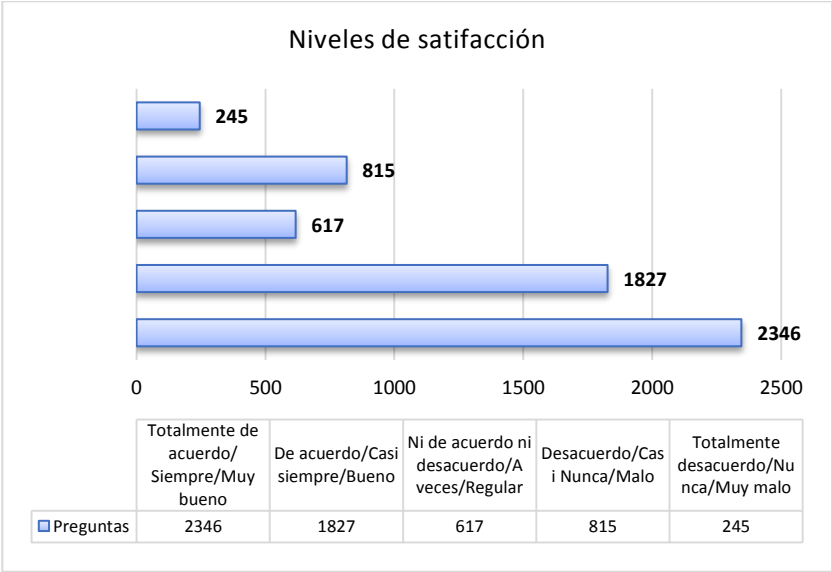


Figura 1. Niveles de satisfacción en el instrumento de medición.

Fuente: Elaboración propia.

Examinando la Figura 2, se analizan los instrumentos de medición en los ítems 6 y 10, los cuales representan dos de las preguntas con mayor variación de respuestas en materia del cuidado y uso adecuado de los recursos en la institución. Se aprecia que el 54% de los alumnos, es decir, más de la mitad “*siempre*” y “*casi siempre*” participan en eventos para el beneficio social de la comunidad e institución y solo el 17% “*casi nunca*” lo hace. En cambio, 41% de los estudiantes comentan “*siempre*” fomentar la cultura del desarrollo sostenible en el hogar e institución, el 40% dice hacerlo “*casi siempre*” mientras que solo el 19% “*a veces*” lo realiza, esto podría representar una de las acciones para un consumo responsable en el uso correcto de los recursos de la institución, ya que cuidarlos contribuyen a crear una cultura de concientización para su ahorro al interior de la misma, permitiendo mejorar la eficiencia energética, reduciendo las emisiones indirectas de carbono.

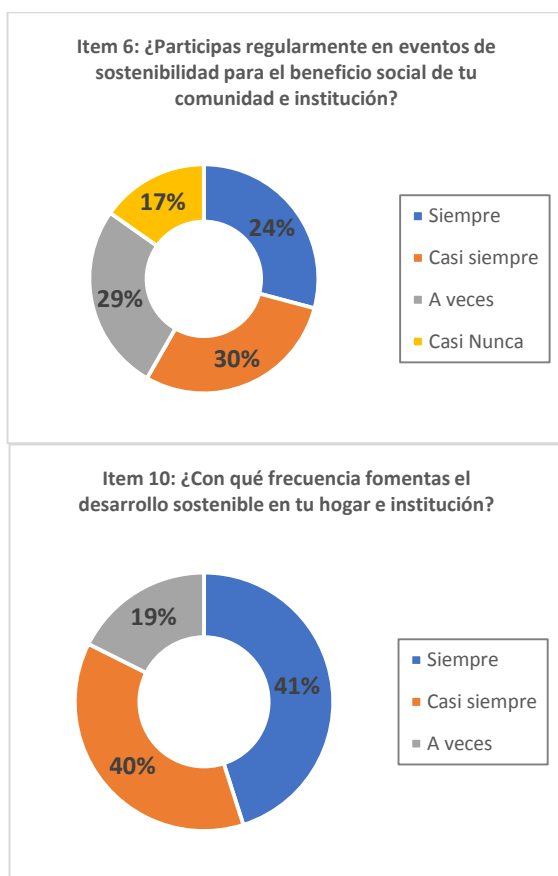


Figura 2. Niveles de satisfacción en el instrumento de medición para los ítems 6 y 10.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los instrumentos de medición analizados en los ítems 13 y 18 mostrados en la Figura 3, se observa que los estudiantes “*siempre*” y “*casi siempre*” participan en proyectos de desarrollo tecnológico con un 21% y 34% respectivamente, lo que significa que el 55% está interesado en contribuir con el desarrollo sostenible a través de proyectos de innovación, mientras que el 45% solo “*a veces*”, “*casi nunca*” o “*nunca*” lo hace. El alto porcentaje de participación muy probablemente se debe a los eventos que el TecNMLosMochis realiza a nivel nacional como La Cumbre Nacional de Desarrollo Tecnológico, Investigación e Innovación (InnovaTecNM), cuyo objetivo general es desarrollar proyectos de base tecnológica y creativos que incentiven las capacidades de investigación y

desarrollo tecnológico en la solución de problemas de los diferentes sectores público, social y privado. Así mismo, alrededor del 65% piensa en estar “*totalmente de acuerdo*” y “*de acuerdo*” en que la educación ambiental está presente en los programas de estudio (ítem18).

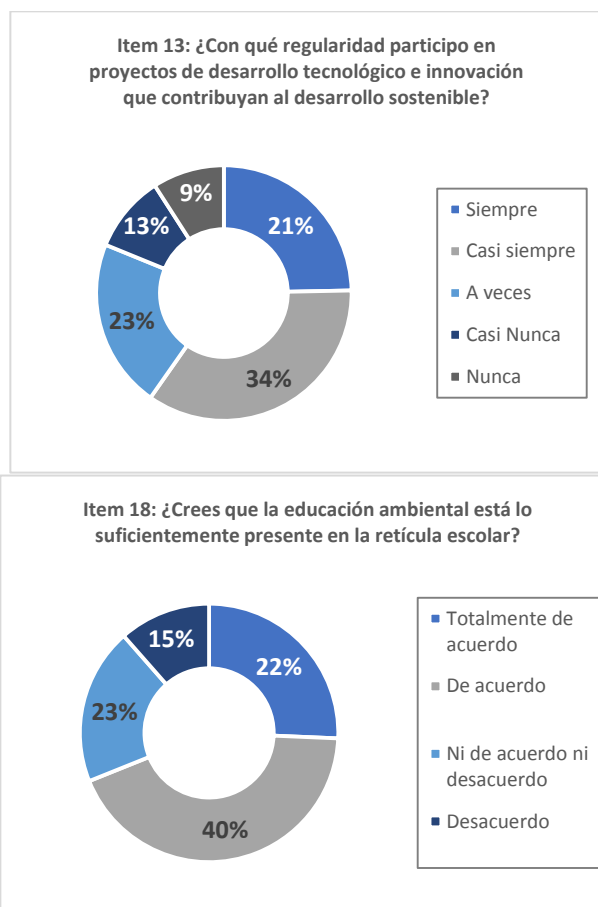


Figura 3. Niveles de satisfacción en el instrumento de medición para los ítems 13 y 18.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la Figura 4 hace referencia a la educación ambiental de los estudiantes en las aulas con los ítems 25 y 30, por lo que es importante señalar en conjunto que el 92% dijo estar “*totalmente de acuerdo*” y “*de acuerdo*” en acceder en programas gratuitos online para fomentar la

educación ambiental. Esto demuestra el interés que tienen los estudiantes en participar en actividades que contribuyan con el medio ambiente ayudando a mejorar el uso de los recursos institucionales. Mientras tanto, solo el 8% mostró un desinterés con el desarrollo en este tipo de actividades. En el caso del ítem 30, el 86% de los encuestados comentó ser “*muy bueno*” y “*bueno*” su participación en el manejo de los recursos de la institución para el cuidado del medio ambiente, esto debido a los programas que se implementan para un consumo responsable y uso correcto de la energía eléctrica. Sin embargo, el 14% menciona tener una participación “*regular*” en el uso de los recursos, lo que implica un grupo muy reducido de los encuestados.

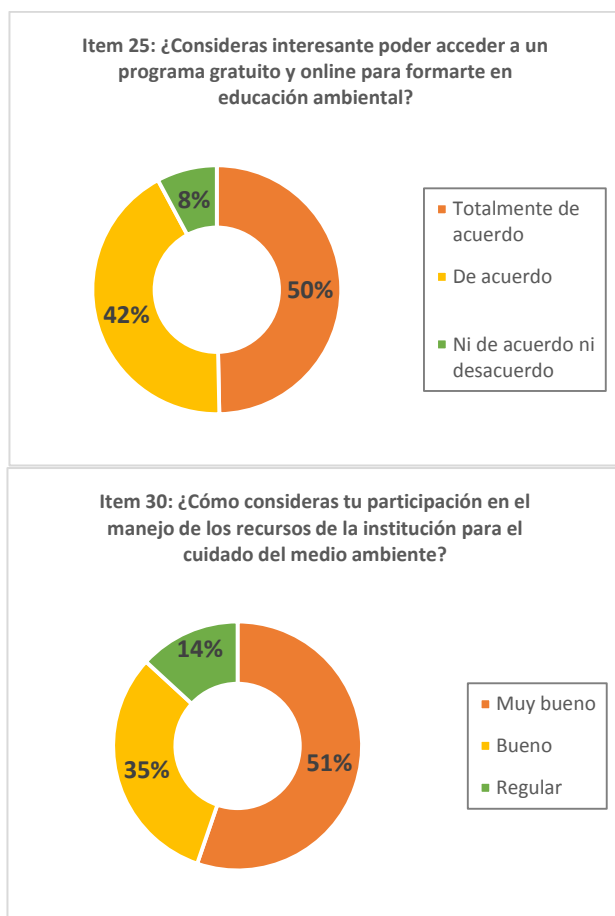


Figura 4. Niveles de satisfacción en el instrumento de medición para los ítems 25 y 30.

Fuente: Elaboración propia.

En cambio, los niveles de satisfacción de los ítems 23 y 24 son mostrados en la Figura 5. Se puede apreciar que en conjunto los resultados de la encuesta presentan que los docentes “*siempre*” y “*casi siempre*” proyectan el interés hacia los estudiantes en temas de sostenibilidad ambiental con un 60 %, mientras que de acuerdo a la percepción en los estudiantes solo el 3% “*nunca*” lo hacen. De forma muy similar en el ítem 24, el 65 % de los docentes “*siempre*” y “*casi siempre*” relacionan los temas de sostenibilidad con sus asignaturas, mientras que solo el 3% “*nunca*” lo realiza.

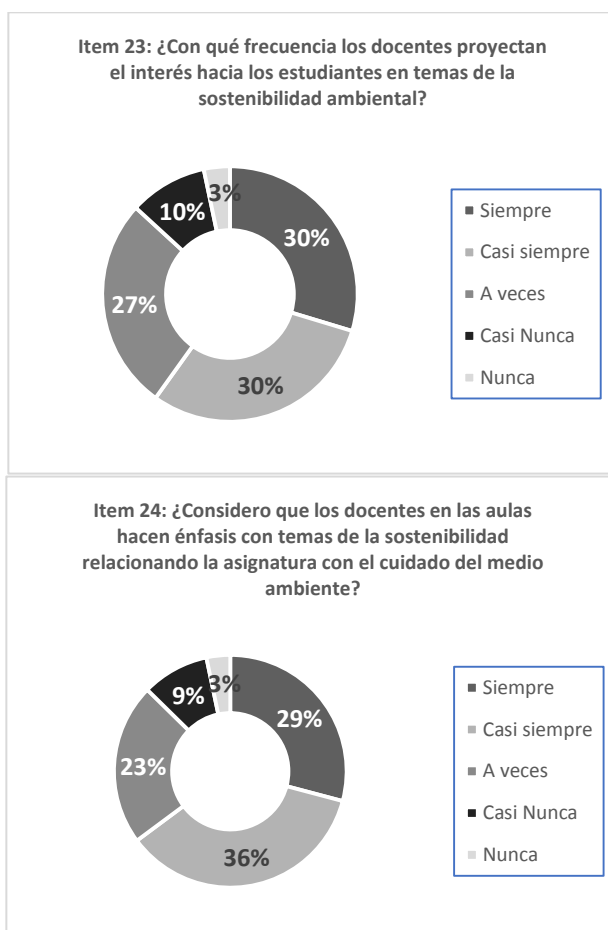


Figura 5. Niveles de satisfacción en el instrumento de medición para los ítems 23 y 24.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, con el fin de estimar la variabilidad de los valores, así como también describir el grado en que los ítems están linealmente relacionados con otros, se determinó el coeficiente de correlación (r). La Tabla 11 muestra la matriz de correlación ente algunos de los ítems, destacando que el máximo se encuentra entre los ítems 24 y 25 con un valor de 0.751, recordando que el valor puede caer entre 0 y -1, y dentro del intervalo de 0 a 1 respectivamente.

Tabla 11. Matriz de correlación entre ítems

Ítems	Correlación					
	Item 6	Item 10	Item 16	Item 24	Item 27	Item 30
Item 1	0.428	0.442	0.326	0.374	0.498	0.457
Item 6	---	0.524	0.216	0.521	0.443	0.359
Item 13	0.664	0.625	0.168	0.653	0.384	0.489
Item 15	0.409	0.503	0.130	0.510	0.324	0.332
Item 20	-0.062	0.049	0.227	0.125	0.239	0.326
Item 23	0.554	0.616	0.257	0.751	0.482	0.478
Item 25	0.175	0.128	0.373	0.121	0.400	0.305
Item 28	0.346	0.544	0.239	0.565	0.395	0.353

Fuente: Elaboración propia con datos de *IBM SPSS Statistics*.

CONCLUSIONES

El análisis realizado a través del software estadístico *IBM SPSS* ha permitido conocer la percepción que tienen los estudiantes sobre el manejo de los recursos en tres aspectos fundamentales: el grado de conocimiento, compromiso y educación ambiental institucional adquirida a lo largo de su vida. A través del instrumento de medición utilizado, el coeficiente de fiabilidad alfa de Cronbach representó un mecanismo confiable en el soporte metodológico de este trabajo de investigación, ya que los resultados arrojados muestran que dichos parámetros se encontraron dentro de la fiabilidad adecuada de acuerdo con Meneses et al. (2013). Lo anterior

demuestra que la técnica aplicada por medio de la escala de Likert en el instrumento de medición representó un método de investigación adecuado para identificar los niveles de acuerdo y desacuerdo de los estudiantes en el manejo y uso correcto de los recursos de la institución, permitiendo conocer el grado de correlación en los ítems utilizados en el cuestionario.

Se observó un alto porcentaje de participación de los estudiantes en proyectos de desarrollo tecnológico, esto debido a la colaboración del TecNM Los Mochis en eventos de investigación e Innovación a nivel nacional, con el objetivo de incentivar las capacidades de investigación y desarrollo tecnológico en la solución de problemas de los diferentes sectores público, social y privado.

Por lo tanto, con el fin de seguir realizando proyectos más amplios en el contexto socioeducativo, la investigación va dirigida a todas las instituciones educativas que deseen replicar este estudio, permitiendo establecer las bases para crear una cultura de concientización en el ahorro y uso correcto de los recursos institucionales como el cuidado del agua, manejo de desperdicios y el suministro eléctrico, cumpliendo con los ODS de la agenda 2030 y contribuir directamente con el medio ambiente, pero sobre todo participar en la formación de instituciones educativas sostenibles.

LITERATURA CITADA

- Acosta, D. (2017). Formación del profesional de psicología: experiencias formativas para la educación superior del siglo XXI. *Redes académicas de docencia e investigación educativa*, 55-74.
- Amador, L., Parra, R., y Rodríguez, R. (2022). Comportamiento de los patrones de cambio en la demanda de energía eléctrica durante el Covid-19 y análisis de las actitudes favorables para un consumo responsable en el Instituto Tecnológico de Los Mochis, Campus Villa de Ahome. En C. S. En J. Rodríguez, *Aportes a los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030* (pág. 248). Los Mochis: Astra Ediciones S. A. de C. V.
- Crobanck, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Flores, C., y Herrera, L. (2010). Estudio sobre la percepción y educación ambiental. (U. A. México, Ed.) *Tiempo de Educar*, 11(22), 227-249.

- Gädicke, J., Ibarra, P., y Osses, S. (2017). Evaluación de las percepciones medioambientales en estudiantes de enseñanza media de la ciudad de Temuco, Región de La Araucanía. *Estudios Pedagógicos*, 107-121.
- Izarra, D. (2017). Formación ética: compromiso de la responsabilidad social universitaria. *Ética profesional y responsabilidad social universitaria*, 22-32.
- Levin, R., y Rubin, D. (2004). *Estadística para Administración y Economía*. México: Pearson Educación.
- Li, Q. (2013). A novel Likert scale based on fuzzy sets theory. *Expert Systems with Applications*, 40, 1609–1618.
- Maese, J., Alvarado, A., Valles, D., y Báez, Y. (2016). Coeficiente alfa de Cronbach para medir la fiabilidad de un cuestionario difuso. *Culcyt*, 13(59), 146-15.
- Martínez, M., y Juárez, L. (2019). Diseño y validación de un instrumento para evaluar la formación en sostenibilidad en estudiantes de educación superior. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 10(19), 37-54. doi:http://dx.doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v10i19.501
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista electrónica de investigación educativa (redie)*, 20(1), 38-47. doi:<https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- ONU. (2021). *Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030*. Recuperado el 25 de enero de 2021, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- ONU. (2023). *Acción por el clima: ¿Qué es el cambio climático?* Recuperado el 6 de febrero de 2024, de <http://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Rodríguez, J., y Reguant, M. (2020). Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 13(3), 1-13. doi:doi.org/10.1344/reire2020.13.230048
- Tovar, D., Poza-Vilches, y Ladino, Y. (2022). Evaluación de la sostenibilidad en instituciones educativas colombianas: Estudio de Casos. *Ambiente & Sociedade*, 25, 1-21. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210080r1AO>
- Tuapanta, J. V., Duque, M. A., y Mena, A. P. (2017). Alfa de Cronbach para validar un cuestionario de uso de TIC en docentes universitarios. *mktDescubre - ESPOCH FADE*, 37-48.

SINTESIS CURRICULAR

Lennin Enrique Amador Castro

Doctor en Ciencias en Estudios para la Sostenibilidad y Medio Ambiente por la Universidad Autónoma Indígena de México. Maestro en Ciencias en Electrónica con orientación en Telecomunicaciones por el Centro de Investigación Científica y de Estudios Superior de Ensenada e Ingeniero en Electrónica por el Tecnológico Nacional de México Campus Los Mochis. Investigador integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT) y del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNII) como candidato a investigador.

Correo electrónico: lennin.ac@mochis.tecnm.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6773-711X>

Román Edén Parra Galaviz

Doctor en Ciencias en Desarrollo Sustentable de Recursos Naturales por la Universidad Autónoma Indígena de México e Ingeniero en Geodesia por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Líneas de investigación: Sistemas de Información Geográfica (SIG), Fotogrametría y teledetección aplicado a recursos naturales. Investigador integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT) y del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNII) como candidato a investigador.

Correo electrónico: roman.parra@uas.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2679-8594>

Esther Graciela Lizárraga Mata

Maestra en Administración de Negocios de la Universidad TecMilenio y Licenciada en Contaduría por el Tecnológico Nacional de México Campus Los Mochis. Docente adscripto al departamento de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad Autónoma de Occidente. Correo electrónico: esther.lizarraga@uadeo.mx ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3673-781X>

CARACTERIZACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS ELABORADOS DE DESPERDICIOS DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA EN EL NORTE DE SINALOA, MÉXICO: UNA ALTERNATIVA PARA LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS SUSTENTABLE

CHARACTERIZATION OF ORGANIC FERTILIZERS MADE FROM FOOD INDUSTRY WASTE IN NORTHERN SINALOA, MEXICO: AN ALTERNATIVE FOR APPLICATION IN SUSTAINABLE AGRICULTURE

Nataly López-Soto y Jesús Ramón Rodríguez-Apodaca

Resumen

El uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos en las prácticas agrícolas amenaza a los suelos y la pérdida de la diversidad de los ecosistemas; una alternativa sustentable para el uso de estos compuestos es la elaboración de abonos o fertilizantes orgánicos aprovechando los residuos de la industria alimentaria y de esta manera darles un segundo uso a los desperdicios, esto representa una estrategia para mitigar su impacto; así como, los bioinoculantes elaborados a partir de microorganismos que se aplican al suelo para ser probados en la producción de frijol y en las propiedades fisicoquímicas del suelo. Se elaboró un abono orgánico a partir de la mezcla de desperdicios de maíz resultantes del proceso de enlatado de la industria alimentaria, estiércol de vaca y rastrojo de maíz, el cual fue analizado en un laboratorio agrícola para conocer los parámetros de especificación mostrando

una humedad $>60\%$ indica que las condiciones aeróbicas son óptimas para el desarrollo de los microorganismos. El pH obtenido cumple con la escala de 7 a 8.5, la conductividad eléctrica es baja y se sugiere que la concentración de sodio y potasio, así como también compuestos de cloruro, nitrato, sulfato y sales de amonio estén por debajo de lo reportado. El contenido de materia orgánica debe oscilar entre 20 y 25% pero en este caso obtuvo un valor mayor que indica una mejoría en la capacidad retención de agua y la relación carbono nitrógeno $C/N < 20$ indica grado avanzado de estabilización de la materia orgánica.

Palabras clave: compostaje, biofertilizante, frijol.

Abstract

The indiscriminate use of synthetic fertilizers in agricultural practices threatens

soils and the loss of ecosystem diversity; A sustainable alternative for the use of these compounds is the preparation of organic fertilizers or fertilizers taking advantage of the waste from the food industry and in this way giving the waste a second use, this represents a strategy to mitigate its impact; as well as bioinoculants made from microorganisms that are applied to the soil to be tested in bean production and in the physicochemical properties of the soil. An organic fertilizer was prepared from the mixture of corn waste resulting from the canning process of the food industry, cow manure and corn stover, which was analyzed in an agricultural laboratory to know the specification parameters showing a Humidity > 60% indicates that aerobic

conditions are optimal for the development of microorganisms. The pH obtained complies with the scale of 7 to 8.5, the electrical conductivity is low and it is suggested that the concentration of sodium and potassium, as well as chloride compounds, nitrate, sulfate and ammonium salts are below what has been reported. The organic matter content should range between 20 and 25% but in this case a higher value was obtained which indicates an improvement in the water retention capacity and the carbon nitrogen C/N ratio <20 indicates an advanced degree of stabilization of the organic matter.

Keywords: composting, biofertilizer, beans.

INTRODUCCIÓN

En México se conoce como frijol a diferentes especies del género *Phaseolus*, entre las cuales, la de mayor importancia económica es *P. vulgaris* (*frijol común*), por ser la base de la alimentación entre su población durante miles de años, además que nuestro país es reconocido como centro primario de domesticación y diversidad genética (Álvarez y Herrera, 2015).

La agricultura ha sido reconocida por su contribución a la economía y aportes a la alimentación, y al desarrollo de los pueblos (Cuadras et al., 2021). En el estado de Sinaloa, esta práctica es una de las actividades económicas más relevantes, su desarrollo tuvo auge entre 1970 y 1990 cuando se duplicó la superficie irrigada y se distribuyó ésta entre los ejidatarios, esto dio como origen la necesidad de incrementar los rendimientos de los cultivos con el aumento del uso de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas como consecuencia de la llamada “Revolución Verde” (Campos et al., 2010).

Sin embargo, la aplicación de fertilizantes químicos en las prácticas agrícolas, desde los años cincuenta constituían solo un pequeño porcentaje de los nutrientes necesarios para la producción de granos, puesto que la mayor parte del suministro era proporcionado por la “fertilidad natural” del suelo y el estiércol agregado (Kumar et al., 2019).

La aplicación de estos productos se hace con la finalidad de aumentar el crecimiento y el vigor de las plantas para un mayor rendimiento en la

producción, lo cual contribuye a la seguridad alimentaria del mundo, pero estas sustancias químicas al no ser absorbidas en su totalidad por la planta, comienzan a acumularse en el agua subterránea contaminando los mantos freáticos (Savci, 2012), afectando negativamente al suelo en términos de agotamiento de la capacidad de retención de agua, fertilidad, aumento de la salinidad y diferencia en los nutrientes (Trishna et al., 2017).

Por lo tanto, la agricultura actual tiene que implementar prácticas más amigables con el medio ambiente; con la reforma de las prácticas agrícolas para cumplir este criterio es un paso hacia la sostenibilidad del sector agrícola y promover la agricultura sostenible “ODS 2 Es crear un mundo libre de hambre para 2030” así como, una producción y consumo responsable “ODS 12 Pretende garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, algo fundamental para sostener los medios de subsistencia de las generaciones actuales y futuras” y así reducir la huella ecológica mediante un cambio en los métodos de producción y consumo de bienes y recursos a través, de la gestión de residuos orgánicos urbanos que afecta la biodiversidad, la economía y la seguridad alimentaria de los países y que son conocidos como "mermas" y que pueden reconocerse como pérdidas si obedecen a las ineficiencias en la cadena de suministro, darles el nombre de desperdicio si son deliberados de productos comestibles y los despilfarros son todos los alimentos, que se pierden por descomposición o desaprovechamiento (Ramírez et al., 2017).

La cadena de suministros de alimentos comienza con la producción de residuos o subproductos que pueden ser de origen agrícola o de la ganadería como pueden ser rastrojos y estiércol, desperdicios de frutas o vegetales de baja calidad, producciones dañadas que quedan en campo. Así como, las industrias de manufactura de alimentos tienen pérdidas durante la fase de producción como daños al ser transportada la materia prima, problemas de almacenamiento y contaminación (Giroto et al., 2015; Parfitt et al., 2010). Por tal motivo, es importante hacer énfasis en la gestión eficiente de los recursos naturales y la forma en que se eliminan los desechos y así reducir a la mitad el desperdicio per cápita de alimentos en el mundo, transitar a cadenas de producción y suministro económicamente más eficientes, para contribuir con ello a la seguridad alimentaria (ODS 12).

Debido a esto se debe pedir a las industrias, los negocios y los consumidores, reciclar y reducir sus desechos, asimismo el apoyar a los países en desarrollo a avanzar hacia patrones sostenibles de consumo para el año 2030.

El compostaje es un proceso bioquímico que convierte varios componentes, de los desechos orgánicos, en sustancias similares al humus, relativamente estable, que se pueden usar como una enmienda del suelo o

fertilizante orgánico bajo un proceso de biodegradación fácil, económico y natural que toma los desechos de alimentos generalmente, con lo cual se puede obtener una fuente rica en nutrientes para las plantas (Bratovic et al., 2018).

Los fertilizantes o abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de enfermedades provocadas por patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo debido al estiércol que contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición, su adición al suelo casi siempre resulta en un aumento en la actividad biológica; en general, esto incrementa la disponibilidad de nutrimentos para las plantas, la velocidad de infiltración, la conductividad hidráulica y la retención de agua (Ávalos et al., 2018).

El estado Sinaloa se procesan alimentos en la industria (Flores et al., 2013), donde se generan residuos que pueden ser considerados por su cantidad para la elaboración de subproducto (Lim et al., 2015) y ser aprovechados para elaboración de abonos o fertilizantes orgánicos (Bratovic et al., 2018), esto como una alternativa sustentable para mantener el nivel de producción agrícola y reducir el uso de la fertilización sintética de la misma manera que ya son empleados los biofertilizantes preparados a partir de microorganismos que se aplican al suelo con el mismo objetivo (Ávalos et al., 2018).

El uso de biofertilizantes y abonos orgánicos puede contribuir a reducir el uso de fertilizantes inorgánicos y otros agroquímicos, contribuyendo de esta manera a una mejor calidad de suelo y mayor productividad de los cultivos. El objetivo fue evaluar el efecto de un biofertilizante y un abono orgánico elaborado a partir de residuos de la industria alimentaria en la zona norte del estado de Sinaloa para ser probado en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y en las propiedades físico-químicas del suelo.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

a) Preparación del abono orgánico

El abono se estableció en un invernadero tipo capilla de 3 metros de largo por 2 metros de ancho, el cual se elaboró con la mezcla de desechos de maíz obtenidos del proceso de enlatado de la industria alimentaria, estiércol de vaca y rastrojo de maíz, como fuente de carbono. Los insumos del abono fueron mezclados en la misma proporción de cantidades y humedecidos con

agua hasta saturar y finalmente descompuestos por efecto de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), toda la mezcla fue empleada para lombricompostaje.

Se estableció un calendario de mantenimiento, de alimento y agua para el desarrollo óptimo de las lombrices de la mezcla que permaneció activa por 18 meses. La mezcla o revuelta del abono orgánico se hizo de forma manual, mezclándose de forma homogénea cada 3 días después de agregar la lombriz, y cada 10 días posterior a los 2 meses. Se aplicó riego manual diariamente, se agregó rastrojo de maíz de manera mensual para cuidar la humedad de la mezcla.

b) Parámetros evaluados

Se midieron los siguientes parámetros de los abonos orgánicos: potencial hidrogeno pH, C.E conductividad eléctrica, % humedad, % de carbono, % de materia orgánica, relación C/N carbono/nitrógeno. Así como, la cantidad de macroelementos; nitrógeno total, el nitrógeno amoniacal, fósforo total, potasio total, magnesio, calcio, azufre soluble en agua y cantidad de sodio; y la cantidad de microelementos de hierro, zinc, manganeso, cobre y boro del compostaje del abono. Todos los parámetros fueron evaluados por un laboratorio agrícola y se comparó con parámetros de calidad de referencia en la literatura.

c) Evaluar a nivel maceta el efecto de un biofertilizante y un abono orgánico en el cultivo de frijol

La sinergia del biofertilizante y un abono orgánico fueron estudiadas *in planta*, el objetivo de este experimento fue evaluar cinco preparaciones de bacterias inoculados en la mezcla de fertilización orgánica y suelo agrícola como sustrato (1:1 v/v), se incluyó como control químico suelo sin inocular y fertilización orgánica (FO) sin bacteria.

Las bacterias fueron crecidas e inoculadas en la planta empleando una combinación de la metodología de Ángeles y Cruz, (2015); las bacterias fueron crecidas a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) por 24 horas con agitación a 220 rpm en 300 ml en caldo PY (Peptona y extracto de levadura) + CaCl₂ 0.07 M tomando tres asadas de la caja con agar PY CaCl₂ 0.07 M.

Las semillas de frijol variedad azufrado higuera se desinfectaron por inmersión en una mezcla de cloro al 10% (v/v) durante 14 minutos, después se sumergieron en etanol al 70% (v/v) por un periodo de 5 minutos y finalmente se realizaron 5 lavados con agua destilada estéril (1 minuto cada lavado).

Las semillas germinadas fueron tratadas con inóculo de cada bacteria de forma separadas, el experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con 5 repeticiones por cada tratamiento bajo condiciones de invernadero, en macetas rectangulares de 75 cm de largo (Figura 1). Las plantas fueron fertilizadas dos veces por semana con solución Sommerfield, este ensayo tuvo una duración de 118 días, coincidiendo con la temporada de siembra de frijol (ciclo otoño- invierno) en esta región del norte del estado de Sinaloa. Los parámetros a evaluar fueron la altura de la planta, cantidad de flores y vainas a los 60 días post siembra, y rendimiento en la cosecha.



Figura 1. Plantas de frijol variedad azufrado regional tratadas con inóculo de cada bacteria de forma separadas en una mezcla con fertilización orgánica y suelo agrícola como sustrato.

d) Análisis estadísticos

Los resultados obtenidos fueron sometidos a una prueba normalidad de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Se empleó un ANOVA y una comparación de medias Tukey y Dunnett con un nivel de significancia del 95%, los resultados fueron analizados usando el paquete estadístico SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mezcla activa fue evaluada a los 18 meses (abono orgánico) y se midieron los parámetros pH, conductividad eléctrica, % de humedad, densidad, % de carbono, % de materia orgánica, relación carbono/nitrógeno (Tabla 1).

Además, se midieron los macroelementos todos reportados en % de nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, fósforo y potasio total, magnesio, calcio, azufre soluble en agua y sodio y los microelementos en mg kg⁻¹ de hierro, zinc, manganeso, cobre y boro. Los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica se muestran en las Tablas 2 y 3.

Tabla 1. Especificaciones Fisicoquímicas del abono orgánico analizado por un laboratorio comercial

Parámetros de determinación	Abono orgánico
pH	8.33*
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.00012*
Humedad (%)	63.49
Densidad (g/cm ³)	1.11
Carbono (%)	17.67
Materia orgánica (%)	30.46
Relación C/N	16.36

* Valores determinados en solución al 10%.

Fuente: construcción propia.

Tabla 2. Contenido de macroelementos de los abonos orgánicos

Macroelementos %	Abono orgánico
Nitrógeno total	1.080
Nitrógeno Amoniacal (NH ₄ ⁻ N)	0.098
Fósforo total (P ₂ O ₅)	1.152
Potasio total (K ₂ O)	3.35
Magnesio (Mg)	0.349
Calcio (Ca)	0.436

Azufre soluble en agua (SO_4^{2-}S)	0.088
Sodio (Na)	0.021

Fuente: construcción propia.

Tabla 3. Contenido de microelementos de los abonos orgánicos

Microelementos (mg kg^{-1})	Abono orgánico
Fierro (Fe)	16364
Zinc (Zn)	2228
Manganeso (Mn)	445
Cobre (Cu)	164
Boro (B)	80

Fuente: construcción propia.

El valor de pH obtenido cumple con el rango de referencia establecido en la escala de 7 a 8.5 (Maso y Blasi 2008). La conductividad eléctrica es baja, es preferible que los valores sean bajos puesto que la existencia de sales está asociada con la concentración de elementos como el sodio y potasio, así como también compuestos de cloruro, nitrato, sulfato y sales de amonio que en concentraciones elevadas inhiben el crecimiento de las plantas (Hannibal et al., 2016).

El abono orgánico presento una humedad ($>60\%$), este valor indica que las condiciones aeróbicas son óptimas para el desarrollo de los microorganismos, pero si los valores presentados son menores de 60 y mayores de 80 las condiciones de descomposición serán anaeróbicas, destacando este parámetro característico en los abonos acompañados de otras variables de interés como el pH, la temperatura y el tamaño de las partículas (González y Villalobos, 2021).

Cuando el contenido de materia orgánica del suelo aumenta, mejora la capacidad retención de agua, lo que hace que las plantas sean menos propensas a las condiciones de clima seco (Termorshuizen, Moolenaar, Veeken, & Blok, 2004), para las compostas de esta naturaleza, su contenido debe oscilar entre 20 y 25% (Singh y Singh 2017). Una relación carbono nitrógeno (C/N) de <20 indica un grado avanzado de estabilización de la materia orgánica y refleja un grado satisfactorio de desechos orgánicos

(Lim, et al. 2015), si el valor fuese mayor indicaría que el proceso de descomposición es lento lo que genera inmovilización de N por parte de los microorganismos (Figueroa et al., 2017).

La importancia de los nutrientes para los cultivos agrícolas representa un componente elemental en la producción mundial de alimentos, los cuales pueden ser obtenidos de los fertilizantes químicos sintéticos, fertilizantes naturales y abonos orgánicos, entre otras fuentes (Rodríguez y Hernández, 2012). Por tal motivo, se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Mtz et al., 2001) y mejora la absorción de nutrientes por las plantas (Adhikary, 2012).

El contenido de nitrógeno total presente en la mezcla evaluada fue inferior a lo deseable en un abono con estas características por lo que este caso, es necesario agregar residuos con mayores contenidos del elemento para mejorarlo (Palma-López et al., 2016). Pero los abonos orgánicos comerciales deben tener valores totales mayores de 1% para cada uno de los nutrientes de nitrógeno, fósforo y potasio total (Pérez et al., 2020), su contenido oscila entre el 1.5% - 2.2% de nitrógeno, entre 1.8% - 2.2% de fósforo y del 1.0% - 1.5% de potasio (Adhikary, 2012), el contenido de nitrógeno está por debajo del porcentaje esperado, el cual es tomado de los estiércoles como material orgánico y mineralizarse por semanas e incluso que puede durar meses para estar disponible a las plantas (Romero, 2013) y es un elemento útil para conocer la calidad del abono, seguido del contenido de fósforo (Bernui y Rivero, 2017). Sin embargo, la cantidad de nitrógeno amoniacal cambia su valor con el paso de los días por efectos del pH en la mezcla (Liu et al., 2011). En el resultado obtenido en las cantidades de magnesio, calcio y sodio son menores a lo reportado (Olivares *et al.*, 2012).

En los micronutrientes presentes en abonos orgánicos se reportan valores de referencia para el zinc en 89 (mg/kg), cobre 57 (mg/kg), hierro 412 (mg/kg) y manganeso 98 (mg/kg) pero los valores obtenidos son mayores por lo que se requiere revisar estos parámetros debido a su importancia en pequeñas cantidades para mejorar el crecimiento de las plantas, ya que, en mayor concentración, es probable que tengan efectos desfavorables sobre el crecimiento de las plantas (Lim et al., 2015).

En la evaluación del efecto a nivel maceta del abono orgánico y el biofertilizante, se midió la altura, cantidad de flores y vainas, así como el rendimiento en gramos de plantas de frijol a los 60 días post inoculación, no se observaron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas (Figura 2 a la 4).

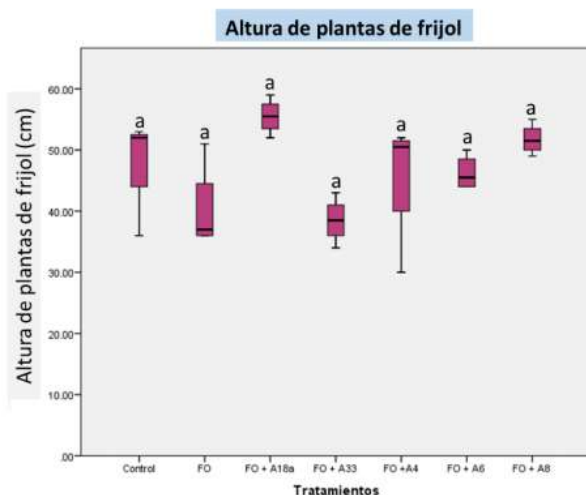


Figura 2. Alturas de plantas de frijol inoculadas con fertilización orgánica (FO) más las bacterias (tratamientos FO+A18a, FO+A33, FO+A4, FO+A6, FO+A8), un control (suelo 100%) y FO (fertilización orgánica 100%), crecidas bajo condiciones de invernadero. Letras iguales indican no diferencia significativa (Prueba Kruskal-Wallis; Wilcoxon $\alpha=0.05$).

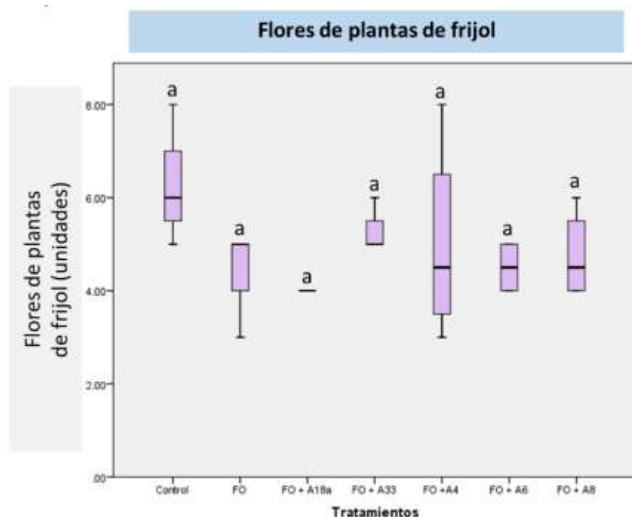


Figura 3. Cantidad de flores de plantas de frijol inoculadas con fertilización orgánica (FO) más las bacterias (tratamientos FO+A18a, FO+A33, FO+A4, FO+A6, FO+A8), un control (suelo 100%) y FO (fertilización orgánica 100%) crecidas bajo condiciones de invernadero. Letras iguales indican no diferencia significativa (Prueba KruskalWallis; Wilcoxon $\alpha=0.05$).

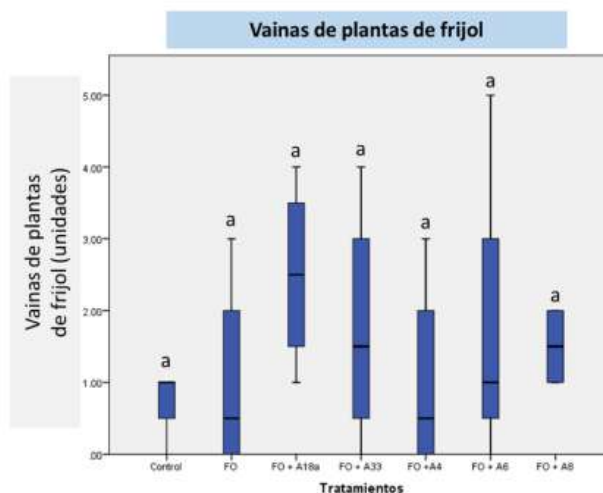


Figura 4. Cantidad de vainas de plantas de frijol inoculadas con fertilización orgánica (FO) más las bacterias (tratamientos FO+A18a, FO+A33, FO+A4, FO+A6, FO+A8), un control (suelo 100%) y FO (fertilización orgánica 100%) crecidas bajo condiciones de invernadero. Letras iguales indican no diferencia significativa (Prueba KruskalWallis; Wilcoxon $\alpha=0.05$).

Al cuantificar el rendimiento de semillas de plantas de frijol, ninguno de los tratamientos que contienen biofertilizante y la fertilización orgánica mostró un efecto similar al del control absoluto (100% suelo). Sin embargo, el tratamiento FO+A33 tiene un comportamiento similar con un potencial importante en cuanto a las necesidades nutricionales que pudiera tener el suelo con respecto a la fertilización orgánica que contiene 50% de suelo y 50% de FO probados en condiciones de invernadero (Figura 5).

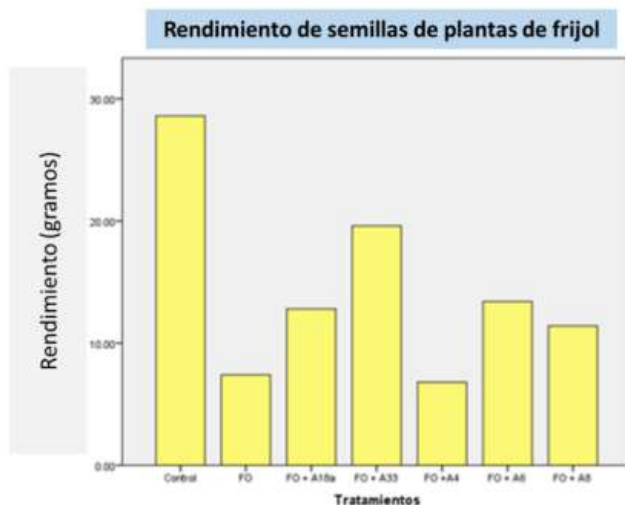


Figura 5. Rendimiento de semillas de plantas de frijol en gramos inoculadas con fertilización orgánica (FO) más las bacterias (tratamientos FO+A18a, FO+A33, FO+A4, FO+A6, FO+A8), un control (suelo 100%) y FO (fertilización orgánica 100%) crecidas bajo condiciones de invernadero.

A pesar que, en el presente estudio, no se observaron diferencias significativas en las variables evaluadas (altura de planta, cantidad de flores y vainas, y rendimiento de granos de frijol). Los abonos orgánicos han mostrado tener efectos positivos en todas las características de la planta comparado con los otros tratamientos incluido el tratamiento control (Fernández et al., 2016).

En la literatura destacan resultados positivos al realizar evaluaciones en planta, contrario a lo observado al utilizar suelo en macetas inoculados con biofertilizante, por lo que será importante la revisión de otros factores como la acidez, toxicidad de aluminio y manganeso, la disponibilidad de fósforo en el suelo, la temperatura ambiente y la competencia de microorganismos (Costales et al., 2016).

CONCLUSIONES

El compostaje con lombrices es una estrategia viable para el aprovechamiento de los residuos de la industria agroalimentaria, que son generados en grandes cantidades, los cuales pueden ser utilizados en

prácticas agrícolas, contribuyendo con esto al desarrollo sustentable. Pero es importante el análisis previo de los parámetros físico-químicos de éstos para asegurar su calidad.

El abono orgánico evaluado, mostró estabilidad en los parámetros físicoquímicos de acuerdo con los elaborados y referenciando los datos obtenidos con otros autores, esto indica de manera global que tiene potencial para su uso en cultivos agrícolas, pero no presentó estabilidad en su calidad nutricional en el contenido de nitrógeno, se sugiere para que los abonos orgánicos pueden comercializarse deben tener valores totales mayores de 1% para cada uno de los nutrientes N, P_2O_5 , K_2O .

En el futuro, debería evaluarse su aplicación en los suelos agrícolas, solos o en combinación con fertilizantes inorgánicos, para así contribuir en la reducción de las aplicaciones de éstos últimos. La aplicación de biofertilizante al suelo no aumentó el rendimiento en el cultivo de frijol, sin embargo, al presentar un comportamiento similar en la mezcla de suelo y fertilización orgánica bajo las condiciones de invernadero puede representar una mezcla potencial con respecto a todos los biofertilizantes evaluados.

LITERATURA CITADA

- Adhikary, S. (2012). Vermicompost, the story of organic gold: A review.
- Álvarez, M. D. L. S. S., & ESTRELLA, A. H. H. (2015). El frijol en la era genómica.
- Ángeles-Núñez, J. G., & Cruz-Acosta, T. (2015). Aislamiento, caracterización molecular y evaluación de cepas fijadoras de nitrógeno en la promoción del crecimiento de frijol. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(5), 929-942.
- Ávalos de la Cruz, M. A., Figueroa Viramontes, U., García Hernández, J. L., Vázquez Vázquez, C., Gallegos Robles, M. A., & Orona Castillo, I. (2018). Bioinoculants and Organic Fertilizers in the Production of Silage Corn. *Nova scientia*, 10(20), 170-189.
- Bernui, F., & Rivero, J. (2017). Obtención de abono orgánico (compost) a partir de desechos agroindustriales y su influencia en el rendimiento del cultivo Zea Mays. *Revista Ciencia y Tecnología*, 12(1), 45-56
- Bratovcic, A., Zohorovic, M., Odobasic, A., & Sestan, I.
- INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

& RESEARCH TECHNOLOGY EFFICIENCY OF FOOD WASTE AS AN ORGANIC FERTILIZER.

- Campos, M. N., Fernández, C. G.-G., Cárdenas, O. L., Diéguez, E. T., & Sevilla, P. M. (2010). Análisis de la producción agrícola extensiva en Sinaloa: alternativas para el uso sostenible del agua. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 6(1), 45-50.
- Costales, D., Falcón, A. B., Nápoles, M. C., de Winter, J., Gerbaux, P., Onderwater, R. C. A., ... & Cabrera, J. C. (2016). Effect of chitosaccharides in nodulation and growth in vitro of inoculated soybean. *American Journal of Plant Sciences*, 7(9), 1380-1391.
- Cuadras-Berrelleza, A. A., Peinado-Guevara, V. M., Peinado-Guevara, H. J., López-López, J. D. J., & Herrera-Barrientos, J. (2021). Agricultura intensiva y calidad de suelos: retos para el desarrollo sustentable en Sinaloa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(8), 1401-1414.
- Fernández, A. L., Sheaffer, C. C., Wyse, D. L., Staley, C., Gould, T. J., & Sadowsky, M. J. (2016). Structure of bacterial communities in soil following cover crop and organic fertilizer incorporation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100, 9331-9341.
- Figueroa Barrera, A., Álvarez Herrera, J. G., Forero, A. F., Salamanca, C., & Pinzón, L. P. (2017). Determinación del nitrógeno potencialmente mineralizable y la tasa de mineralización de nitrógeno en materiales orgánicos.
- Flores Leal, P., & Soto Flores, M. D. R. (2013). El comportamiento innovador en valor agregado del sector agrícola en el Estado de Sinaloa. *Journal of technology management & innovation*, 8, 42-42.
- Giroto, F., Alibardi, L., & Cossu, R. (2015). Food waste generation and industrial uses: A review. *Waste management*, 45, 32-41.
- González-Jiménez, Y., & Villalobos-Morales, J. (2021). Manejo ambiental de residuos orgánicos: Estado del arte de la generación de compostaje a partir de residuos sólidos provenientes de sistemas de trampas de grasa y aceite. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(2), 11-22.
- Hanníbal, B., Rafaela, V., & Guevara, L. (2016). Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del Cantón Riobamba. *European Scientific Journal*, 12, 76-94.

- Kumar, R., Kumar, R., & Prakash, O. (2019). Chapter-5 the impact of chemical fertilizers on our environment and ecosystem. *Chief Ed*, 35(69), 1173-1189.
- Lim SuLin, L. S., Wu TaYeong, W. T., Lim PeiNie, L. P., & Shak PuiYee [Shak, P. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics.
- Liu, J., Xu, X. H., Li, H. T., & Xu, Y. (2011). Effect of microbiological inocula on chemical and physical properties and microbial community of cow manure compost. *Biomass and bioenergy*, 35(8), 3433-3439.
- Trishna Mahanty, T. M., Surajit Bhattacharjee, S. B., Madhurankhi Goswami, M. G., Purnita Bhattacharyya, P. B., Bannhi Das, B. D., Abhrajyoti Ghosh, A. G., & Prosun Tribedi, P. T. (2017). Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development.
- Maso, M. A., & Blasi, A. B. (2008). Evaluation of composting as a strategy for managing organic wastes from a municipal market in Nicaragua. *Bioresource technology*, 99(11), 5120-5124.
- Mtz, J. D. L., Estrada, A. D., Rubin, E. M., & Cepeda, R. D. V. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra latinoamericana*, 19(4), 293-299.
- Olivares-Campos, M. A., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J. L., & Ojeda-Barrios, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y ciencia*, 28(1), 27-37.
- Palma-López, D. J. (2016). Uso de residuos de la agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para elaborar abonos orgánicos. *Agro Productividad*, 9(7).
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 365(1554), 3065-3081.
- Pérez Cardozo, R., Pérez Cordero, A., & Vertel Morinson, M. (2020). Caracterización nutricional, físico-química y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agro ecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre.

- Ramírez, V. M., Peñuela, L. M., & Pérez, M. D. R. (2017). Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), 107-124.
- Rodríguez, R. O., & Hernández, R. M. (2012). Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. *Tecnología en marcha*, 25(1), 16-31.
- Rodríguez-Mendoza, M. N. (2015). PRODUCCIÓN DE VERMICOMPOST A BASE DE RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) Y ESTIÉRCOL DE BOVINO LECHERO. *Agro Productividad*, 8(3).
- Romero Figueroa, J. C. (2013). Relación carbono nitrógeno en el proceso de lombricompostaje y su potencial nutrimental en jitomate y menta.
- Savci, S. (2012). An agricultural pollutant: chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(1), 73.
- Singh, A., & Singh, G. S. (2017). Vermicomposting: A sustainable tool for environmental equilibria. *Environmental Quality Management*, 27(1), 23-40.
- Termorshuizen, A. J., Moolenaar, S. W., Veeken, A. H. M., & Blok, W. J. (2004). The value of compost. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 3, 343-347.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) por la beca otorgada a NLS, así como al Ing. Jesús Adolfo Ordoñez Leyva por las facilidades otorgadas para el desarrollo del abono orgánico. También a la empresa de conservas La Costeña por facilitar las instalaciones y personal para el desarrollo de esta investigación. A la Ing. BQ Jesús Aidé García Llanes por facilitar los equipos e instalaciones para desarrollo de los análisis fisicoquímicos del abono orgánico.

SÍNTESIS CURRICULAR

Nataly López Soto

Ingeniera Química (Instituto Tecnológico de Los Mochis), Maestra en Recursos Naturales y Medio Ambiente (IPN), Doctora en Sustentabilidad (Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave). Profesor de medio tiempo en el Centro De Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios No. 108. Profesor de asignatura del Departamento de Ingeniería Química, Bioquímica y Biología del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Correo electrónico: nataly.lopez.soto@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6374-3165>

Jesús Ramón Rodríguez Apodaca

Doctor en Ciencias por la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Tijuana. Maestro en Ciencias en Química por el Centro de Graduados e Investigación en Química del Instituto Tecnológico de Tijuana, Campus Otay e Ingeniero Químico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis. Investigador integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT). Miembro de la Red Temática Nacional Patrimonio Biocultural del CONAHCYT e integrante del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras Nivel I. Correo electrónico: jramon@uaim.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2679-8594>

INSTRUCCIONES PARA POSTULAR ARTÍCULOS A LA REVISTA RA XIMHAI

La revista **Ra Ximhai** es una publicación académica semestral, editada por la Coordinación General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Indígena de México, tiene como objetivo la publicación de artículos científicos, estudios de caso, ensayos y reseñas de libros en español, vinculados a las ciencias sociales, que presentan los resultados de las investigaciones científicas y tecnológicas concebidas por la comunidad de especialistas en el área. Se publica en idioma español e inglés.

Los trabajos deben ser originales e inéditos. Los textos deben de ser un aporte al conocimiento de las ciencias sociales, con la temática en: Educación para la paz y sociointercultural; Sustentabilidad sociocultural; Estudios antropológicos y culturales; Estudios en economía; Justicia, desigualdad y migración e Historia social y regional.

Tipos de contribuciones

Artículos científicos: referentes a análisis o polémicas sobre teorías contemporáneas, hechos sociales o debates actuales que enriquezcan y ofrezcan una nueva perspectiva teórica a las diversas disciplinas de las Ciencias Sociales.

Estudios de caso: actuales o con una perspectiva histórica (regional, nacional o internacional) de interés general.

Ensayos: Son escritos originales y breves donde un autor da a conocer su interpretación acerca del estado del arte o el futuro de algún tema en particular, con base en fuentes confiables de información.

Reseñas: Pueden ser de divulgación (de 3 a 5 páginas) o reseñas críticas que expongan las condiciones teóricas, metodológicas, epistemológicas y analíticas de determinado libro.

Características de los trabajos

- Deberán tener la forma y presentación de artículo, ensayo científico o reseña bibliográfica.
- Los textos usarán mayúsculas y minúsculas.
- Deberán ser enviados sin errores ortográficos ni gramaticales.

- Extensión mínima de 20 cuartillas y máxima de 25 incluyendo gráficas o tablas, en el tamaño carta que por default da el procesador de textos Word. Letra Times New Roman 12 pts., a un espacio y medio (1.5).
- Las citas textuales dentro del texto no deben de exceder 10 renglones. Las notas adicionales deben de ir numeradas, a pie de página y con interlineado sencillo. No deben de exceder cinco renglones.

Estructura formal del artículo

- Título

El artículo se iniciará con un título en español y en inglés. Debe presentarse en forma breve, es decir, indicar la naturaleza del trabajo de la manera más clara posible. No exceder 12 palabras.

- Autor o autores

El (los) nombre (s) del (los) autor (es) seguido por sus apellidos, los cuales deben estar separados por un guion sin espacios. Cada artículo debe tener como máximo 3 autores, conteniendo la filiación de la Universidad, Centro de Investigación o Institución que representa, Email, ORCID; en ese orden.

- Resumen

Se expondrá una síntesis del trabajo de no más de 250 palabras, incluyendo los aspectos más relevantes: importancia, materiales y métodos, resultados y conclusiones. No se debe incluir en el antecedente, discusión, citas, llamados a tablas, figuras y referencias a pie de página. Estará escrito en español (Resumen) y en inglés (*Abstract*).

- Palabras clave

Son palabras ubicadas después del resumen, que se citan para indicar al lector los temas principales a los que hace referencia el artículo, además de facilitar la recopilación y búsqueda de la cita en bancos de información. Se requiere un número entre tres y seis y no deben estar contenidos en el título.

- Keywords

Son las mismas palabras que se incluyen en el apartado anterior, pero en inglés. Se enlistarán después del “Abstract”.

- Introducción

En este apartado se justificará la realización de la investigación. Deberá ser breve y mencionar la importancia, antecedentes referentes al tema y objetivos del estudio.

- Métodos y técnicas de investigación

Aquí se describirán los métodos y técnicas de investigación aplicadas, tanto para la realización del trabajo como para el análisis de resultados.

- Resultados y Discusión

Se describirán los resultados relevantes, de una manera clara, ordenada y concisa. Se pueden incluir en el texto, dibujos, fotografías cuadros y/o gráficas que apoyen a la comprensión del escrito. Debe evitarse repetir en el texto la información presentada en cuadros y figuras. Además, en este apartado se presentarán las explicaciones de los resultados y comparación con trabajos anteriores, así como, las sistematizaciones, inferencias y comentarios valiosos que puedan surgir de los resultados. También se debe concluir con afirmaciones relacionadas con los objetivos planteados sin rebasar los alcances del artículo.

- Conclusiones

Cuando lo requiera el trabajo estas se redactarán de modo breve, preciso y directo. Evite repetir información ya trabajada previamente, así mismo como introducir nueva información.

- Literatura citada

En este capítulo se presentan únicamente las referencias bibliográficas citadas a lo largo del artículo. Para ello el autor se guiará por las Normas APA, sexta edición.

- Agradecimientos

Al final del artículo, se mencionará el reconocimiento a personas, instituciones, proyectos, fondos, becas de investigación, etc. que apoyaron la realización de la investigación presentada.

- Síntesis curricular

En este capítulo se debe informar de modo breve, pero completo, los datos personales, de contacto, los principales títulos y logros académicos y la filiación académica; además de expresar sintéticamente el trabajo actual y las principales contribuciones hechas por el autor en el campo de la investigación, la docencia o la extensión universitaria.

Reseña de libros

Debe incluir:

- Título del libro reseñado.
- Portada del libro reseñado, en formato jpg.
- Editorial, ciudad de edición y año de edición.

- Nombre y antecedentes personales del autor, institución a la que pertenece y correo electrónico.
- Notas a pie de página (opcional).
- Bibliografía al final del texto, de acuerdo a la normatividad APA (si emplea referencias adicionales al libro reseñado).

Formato para la redacción del artículo

Generalidades

Tablas

Las tablas deben documentar, pero no duplicar los datos ya presentados en el texto. El título deberá ser corto, preciso y antes de la tabla, comenzando con mayúsculas la palabra “Tabla”, e indicando lo que se presenta en las columnas.

Figuras

Al pie de la imagen estará una leyenda con la palabra “Figura” seguida por el número arábigo que le corresponde en la secuencia y un texto que contenga la información necesaria para comprender el contexto de la figura y al igual que las tablas se deben entender por sí solos sin recurrir al texto, en tamaño 11. Todas las figuras deben citarse en el texto.

La palabra figura se refiere al uso de gráficos, dibujos, fotografías, diagramas, mapas, y demás información visual que complementa el texto.

Envío de trabajos

Los trabajos a postular deben ser enviados a:

raximhai@uaim.edu.mx

La edición de este número estuvo a cargo del Comité Editorial de la Universidad Autónoma Indígena de México (UAIM).

DIRECTORIO UAIM

M. en E. y N. Ignacio Flores Ruiz
Rector

Lic. Jesús Rodolfo Cuadras Sainz
Secretario General

C.P.C. Carmen Beatriz Verdugo Miranda
Coordinadora General Administrativa

M. en E. y N. Aneth Yuriria de Jesús López Corrales
Coordinadora General Educativa

Dra. Claudia Selene Castro Estrada
Coordinadora General de Investigación y Posgrado

Lic. Irma Verónica Orduño Borquez
Directora General de la Unidad Mochicahui

Ing. Celso Armenta López
Director General de la Unidad Los Mochis

Ing. Encarnación Apodaca Barreras
Director General de la Unidad Choix

Dr. José Emilio Sánchez García
Director General de la Unidad Virtual

Colaboradores

Directora Editorial
M. en C. Aminne Armenta Armenta

Webmaster
Julián Octavio Román Valenzuela

Revista Ra Ximhai. Fuente de Cristal 2334 entre Coral y Cuarzo. Fracc. Fuentes del Bosque.
Los Mochis, Sinaloa. C.P. 81290 Tel: (668) 816-03-20 Ext. 1601. Correo electrónico:
raximhai@uaim.edu.mx

