



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Ava Cient

ISSN: 2992-8567

Instituto Tecnológico de Chetumal

Formación Integral, Científica, Tecnológica y Humanista

2024

Año 2

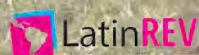
Vol. IV

Núm. 2

JULIO - DICIEMBRE

Órgano Informativo de Difusión Científica, Tecnológica, Académica e Innovación

Indizado en:



Internet web



Enfoque y alcance:

La Revista AvaCient editada por el Tecnológico Nacional de México, tiene por interés proporcionar a los investigadores, docentes, alumnos y público interesado, un medio para publicar los resultados de investigaciones científicas, documentales, tecnológicas y de innovación, afines a la arquitectura, ingeniería eléctrica y electrónica, ingeniería en química y biología, ingeniería en sistemas computacionales e informática, ingeniería en ciencias de la tierra, a las ciencias económico administrativas, a la docencia y a las ciencias naturales.

El contenido de los artículos es estrictamente original, de carácter inédito, es importante y claro, a su vez, es pertinente para el área de interés de la revista.

La Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2023-052309402000-102. Con ISSN electrónico 2992-8567. Frecuencia de publicación: semestral. Los artículos se publican en idioma español o en inglés.

AvaCient incluye temáticas multidisciplinarias relacionadas con la ingeniería: bioquímica, civil, eléctrica, sistemas computacionales, tecnologías de la información y comunicaciones, así como los temas relacionados con la arquitectura, biología, a la docencia y las ciencias económico administrativas.

Políticas de selección:

Tipos de manuscritos a considerar su publicación:

Artículo de investigación científica y/o tecnológica. Es un documento en donde el objetivo principal es dar a conocer de manera evidente y concreta los resultados originales de una investigación efectuada sobre un tema específico. Es la culminación de la presentación de un documento elaborado con un pensamiento crítico y analítico, considerando una extensión máxima de 20 cuartillas.

Artículo de investigación documental. La investigación documental es un proceso científico, sistemático y de búsqueda, recopilación, organización, análisis y compresión de información en torno a un tema específico. Como toda investigación debe de estar orientada a la generación del conocimiento, que implica la descripción y cuantificación de un problema específico, con una extensión máxima de 20 cuartillas.

Artículo de divulgación. El objetivo primordial de este tipo de documento es hacer llegar información fidedigna sobre cualquier tema en general para el público en común. Esta temática deberá dirigir sus esfuerzos en adaptar el lenguaje especializado a la comunicación coloquial, su extensión no debe exceder 10 cuartillas.

El mismo artículo no debe ser enviado simultáneamente a otras revistas o congresos para su aceptación y/o divulgación impresa, electrónica o por cualquier otro medio.

Para mayores detalles y especificaciones, consultar la **guía para autores 2024**.

Proceso de revisión:

Las publicaciones de los artículos son sometidas a revisión por un comité de arbitraje, el proceso de evaluación del artículo guardará estrictamente el anonimato, utilizando el sistema doble ciego y el contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Tiempo estimado para la evaluación:

Con el objetivo de garantizar un correcto y riguroso proceso de evaluación en cada una de sus fases, se estima un promedio de entrega de dictámenes de 60 días. Se garantiza una comunicación constante y asertiva sobre el envío y avances del proceso editorial. El porcentaje de artículos publicados para 2024 es del 40%.

AvaCient mantiene una convocatoria abierta durante todo el año para la recepción de artículos, con cierres semestrales para la selección de documentos por edición. El(Los) autor(es) entiende(n) que el hecho de someter su artículo a la revista no genera ningún tipo de compromiso de publicación hasta surtir con éxito todo el proceso editorial.

Indización:

AvaCient, cuenta con los siguientes índices:



Código de ética:

Véase el apartado respectivo en las siguientes páginas, declaratoria de ética y buenas prácticas, AvaCient previene el plagio y las prácticas de publicaciones depredadoras. Para ello, presenta la declaratoria de ética editorial que se fundamenta en los principios establecidos por el *Committee on Publication Ethics (COPE)*.

Cuenta con la herramienta para detectar similitud *Turnitin*, con un máximo permitido del 20%.

El Consejo Editorial se reserva el derecho de realizar cambios o introducir modificaciones en el texto en aras de una mejor presentación y comprensión de éste, sin que de ello derive un cambio de su contenido.

Política de acceso abierto:

La Revista AvaCient es de acceso abierto y no cobra por el envío de los artículos, el proceso editorial y la publicación. Puede ser consultada libremente, sin requerimiento de registro, suscripción o pago. Se permite al autor y a terceros leer, descargar, copiar, reproducir, distribuir, comunicar y crear a partir del artículo, siempre y cuando se atribuya el crédito al (a los) autor(es), se reconozca la publicación inicial en la Revista AvaCient y sea para fines no comerciales. Provee acceso libre a su contenido bajo el principio de hacer disponible gratuitamente la investigación al público, lo cual fomenta un mayor intercambio de conocimiento global.

Contacto:

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chetumal.

Departamento de Comunicación y Difusión. Oficina de la editorial.

Tel: 9838322330, 9838321019

Email: avacient@itchetumal.edu.mx

avacient@chetumal.tecnm.mx

<https://www.facebook.com/avacient>

Disponible en Internet:

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>



Directorio

Tecnológico Nacional de México
Director General
Mtro. Ramón Jiménez López
Instituto Tecnológico de Chetumal
Director
Mtro. Mario Vicente González Robles
Subdirectora Académica
M.T.I. María de los Ángeles Navarrete Marneou
Subdirectora de Planeación y Vinculación
Mtra. Dulce Yolanda Garrido López
Subdirector de Servicios Administrativos
Ing. Rafael Olvera Rodríguez

Consejo Editorial

Subdirectora de Planeación y Vinculación
(TecNM/ITChetumal)
Mtra. Dulce Yolanda Garrido López
Jefe del Depto. de Comunicación y Difusión
(TecNM/ITChetumal)
Mtro. José Pedro Villalobos Puga
Jefe del Centro de Información (TecNM/ITChetumal)
Lic. Esteban Magaña Pérez
Jefa de la División de Estudios Profesionales
(TecNM/ITChetumal)
Mtra. Cecilia Loría Tzab
Jefa de la División de Estudios de Posgrado e Investigación
(TecNM/ITChetumal)
Dra. Alicia Carrillo Basto
Jefe del Departamento de Recursos Materiales y Servicios
(TecNM/ITChetumal)
Ing. Rodrigo Salazar García
Jefe de la oficina Editorial (TecNM/ITChetumal)
Dr. Robert Beltrán López

AVACIENT, Año 2, Vol. IV, Núm. 2, julio - diciembre 2024, es una publicación semestral, editada por el Tecnológico Nacional de México, Avenida Universidad 1200, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, teléfono 5536002511 Ext. 65092, correo d_vinculacion05@tecnm.mx, a través del Instituto Tecnológico de Chetumal, Avenida Insurgentes No. 330, Esq. Andrés Quintana Roo, Colonia David Gustavo Gutiérrez, Apdo. Postal 267 C.P. 77013, Chetumal, Quintana Roo, México. Contacto: 9838322330, avacient@chetumal.tecnm.mx, <http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista/indexEditor> Responsable: Robert Beltrán López. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-052309402000-102, ISSN: 2992-8567, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Departamento de Comunicación y Difusión, José Luis Moctezuma Tejeda, Avenida Insurgentes No. 330, Esq. Andrés Quintana Roo, Colonia David Gustavo Gutiérrez, Apdo. Postal 267 C.P. 77013, Chetumal, Quintana Roo, México. Fecha de última modificación 30 de diciembre de 2024.

Objetivo de la revista, es proporcionar a los investigadores, docentes, alumnos y público interesado, un medio para publicar los resultados de investigaciones científicas, tecnológicas, documentales, educativas y de divulgación, afines a la arquitectura, ingeniería eléctrica y electrónica, ingeniería en química y biología, ingeniería en sistemas computacionales, ingeniería en ciencias de la tierra, a las ciencias económico-administrativas, a la docencia y a las ciencias naturales.

Las publicaciones de los artículos son sometidas a revisión por un comité de arbitraje, el proceso de evaluación del artículo guardará estrictamente el anonimato, utilizando el sistema doble ciego, cada artículo a evaluar será enviado a dos pares externos, como mínimo, cuando exista división de opinión se consultará un tercero o cuarto revisor.

El contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Es estrictamente original, de carácter inédito, es importante y claro, a su vez, es pertinente para el área de interés de la revista.

AvaCient provee acceso libre inmediato bajo el principio de hacer disponible abiertamente su publicación al público, lo cual fomenta un mayor intercambio de conocimiento global e impide la obsolescencia de su investigación. Sin embargo, cada autor podrá efectuar la gestión de su publicación por iniciativa propia a través de repositorios institucionales, índices, colectivos o temáticos. La revista apoya las iniciativas de acceso abierto.

Queda autorizada la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación, a condición de que se cite la fuente completa y se incorpore un enlace <http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista/index>

AvaCient es una revista científica arbitrada, indizada, multidisciplinaria.

Soporte técnico OJS: Mtro. José Luis Moctezuma Tejeda. Cel. 2291521713. jmoctezuma@itchetumal.edu.mx

Corrección y Estilo: C.P. Yasmin Del Ruby Tziu Peñalver.

Créditos de la foto de portada y contraportada: Dr. Joan Alberto Sánchez Sánchez.

Declaratoria de ética de publicación y buenas prácticas

AvaCient previene el plagio y las prácticas de publicaciones depredadoras. Para ello, presenta la declaratoria de ética editorial que se fundamenta en los principios establecidos por el *Committee on Publication Ethics (COPE)*:

Responsabilidades del Comité Editorial

- La descripción de los procesos de revisión por pares es definido y dado a conocer por el Comité Editorial con el fin de que los autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación. El Comité Editorial está siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación.

Responsabilidades del Editor

- El editor se responsabiliza por todo lo publicado en la revista, esforzándose por satisfacer las necesidades de los lectores y autores; por mejorar constantemente la revista; por asegurar la calidad del material que publica; por impulsar los estándares académicos y científicos.
- La decisión del editor de aceptar o rechazar un texto para su publicación estará basada únicamente en la importancia del artículo, la originalidad, la claridad y la pertinencia que éste represente para la revista.
- El editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los revisores la identidad de los autores. Tampoco podrá revelar la identidad de los revisores en ningún momento.
- El editor asume la responsabilidad de informar debidamente al autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del dictamen.
- El editor evalúa los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los autores.

Responsabilidades de los autores

- Los autores deben garantizar que sus manuscritos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética. Además, deben garantizar que sus trabajos no han sido previamente publicados o que no están siendo considerados en otra publicación. Se considerará un trabajo como previamente publicado cuando ocurra cualquiera de las siguientes situaciones:
 1. Cuando el texto completo haya sido publicado.
 2. Cuando fragmentos extensos de materiales previamente publicados formen parte del texto enviado a la Revista AvaCient y no existan cambios sustanciales en las aportaciones del mismo.
 3. Cuando el trabajo sometido a la Revista esté contenido en memorias publicadas in extenso.
 4. Estos criterios se refieren a publicaciones previas en forma impresa o electrónica, y en cualquier idioma.
- Para la publicación de sus trabajos, los autores deben seguir estrictamente la guía para autores definida en AvaCient.
- Los autores de los artículos deben presentar una descripción precisa de la investigación realizada, así como una discusión objetiva de su importancia. Un documento debe contener suficiente detalle y referencias para permitir a otros utilizar el trabajo. Declaraciones fraudulentas o deliberadamente inexactas constituyen un comportamiento poco ético y son inaceptables.
- Los autores deben garantizar que han escrito en su totalidad las obras originales, y si los autores han utilizado el trabajo y/o palabras de otro(s) tiene(n) que ser debidamente citado(s). El plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable. En consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.
- Un autor no debería, en general, publicar artículos que describen esencialmente la misma investigación en más de una revista o publicación primaria. La presentación del mismo manuscrito a más de una revista constituye un comportamiento poco ético y la publicación es inaceptable.
- Se deben de reconocer las fuentes adecuadamente. Los autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del trabajo presentado.
- La autoría debe limitarse a aquellos que han hecho una contribución significativa a la concepción, diseño, ejecución o interpretación del estudio. Todos aquellos que han hecho contribuciones significativas deben aparecer como coautores. El o los autores principales deben asegurar que todos los coautores se incluyen en el artículo, y que todos han visto y aprobado la versión final del documento y han acordado su presentación para su publicación desde el principio del proceso.
- Todos los autores deben revelar en su manuscrito cualquier conflicto financiero o de otro tipo que pudiera influir en los resultados o interpretación de su manuscrito. Todas las fuentes de apoyo financiero para el proyecto deben ser revelados.

Responsabilidades de los revisores

- Los revisores se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los manuscritos que evalúan.
- Para la revisión de los trabajos, los revisores deben contar con las normas para realizar esta tarea. Dichas normas deben ser proporcionadas por la Revista y son las que deben de considerar para la evaluación.
- Todo revisor seleccionado debe notificar en el tiempo establecido al editor de la Revista si está calificado para llevar a cabo la revisión del trabajo o si no está en la posibilidad de hacerlo.
- Cualquier manuscrito recibido para su revisión debe ser tratado como documento confidencial. No se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del editor.
- Los revisores se deben conducir de manera objetiva. Toda crítica personal al autor es inapropiada. Los revisores deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos.

AvaCient tiene la intención de adherirse a estándares éticos, con el propósito de orientar a los autores, revisores y editor en el desempeño de sus funciones.

Tabla de contenido

Presentación de la revista.

Directorio y cintillo.

Declaratoria de ética de publicación y buenas prácticas.

Comité Editorial Científico.

Hoteles de Tuxpan Veracruz. Una mirada desde la normatividad ambiental. **1**
Saulo Sinforoso Martínez. Melissa González Enríquez.
Edalid Álvarez Velázquez. Lázaro Salas Benítez.

Caracterización de actuadores en órtesis activa de rodilla aplicada en rehabilitación isocinética. **10**
Aldo Rafael Sartorius Castellanos. José de Jesús Moreno Vázquez.
Sonia Martínez Guzmán. Guadalupe Jiménez Oyosa.

El impacto de la beca jóvenes escribiendo el futuro en el rendimiento académico de los estudiantes. **20**
Raúl Mejía Ramírez. Jaime Amador García. Miguel Ángel Santiago-Dávila.

Avances en desarrollo de sistemas de control distribuido para mediciones alta precisión en experimentos de física. **32**
Juan Carlos Cabanillas Noris. Juan Manuel Mejía Camacho. Ildefonso León Monzón.

Oportunidades de negocio sostenible para el aprovechamiento del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) en el sureste mexicano. **43**
Roger Notario-Priego. Diana Rubí Oropeza-Tosca. Karina González-Izquierdo.
Kleber Zacarías-Bernal. Eugenio Josué Campos-Donato.

Estrategias de desarrollo en negocios de una comunidad costera, para el aprovechamiento de sus recursos naturales. **52**
Mónica Isabel López Cardoza. Rocío Aguiar Sierra. Linda Guadalupe Ceballos Araujo.
Addy Doreidi García Casillas. José Juan Escalante Fernández.



- Implementación de buenas prácticas de manufactura y programa operativo estandarizado de sanitización en empresa de bebidas.** 68
Sandra Carmina Osuna Izaguirre. Cindy Rosas Domínguez. Gregorio Polloreña López.
Francisco Javier Valverde Juárez. José Ignacio Félix Vázquez.
- Diagnóstico de los Nodess en el estado de Guerrero.** 79
Paula Adriana Leyva Alarcón. María Esther Durán Figueroa.
María Ivett Peralta Rodríguez. Sergio Ricardo Zagal Barrera. Erika Oropeza Bruno.
- Capacitación del recurso humano sobre la gestión ambiental. Diagnóstico en los hoteles de Tuxpan, Veracruz.** 92
Saulo Sinforoso Martínez. Julieta Ramos Tovar.
Edalid Álvarez Velázquez. Lázaro Salas Benítez.
- Evaluación del consumo energético en el proceso de cocción de concentrados de jazmín, oolong y jamaica.** 104
Francisco Javier Valverde Juárez. Cindy Rosas Domínguez.
Gregorio Polloreña López. Sandra Carmina Osuna Izaguirre.
- Efectos de la fragmentación urbana en la vulnerabilidad socio-territorial de Mahahual, Quintana Roo.** 116
Jorge Javier Hernández Serrano. Carlos Eliezer Tello Moguel.
Gabriela Rosas Correa. Laura Isabel Guarneros Urbina.
- Actividad antioxidante de la ergotioneína de los hongos comestibles.** 134
Montserrat Lara-Novelo. Arturo Alvarado-Segura.
Cecilia I. Góngora-Huicochea. Pedro R. Catzim-Navarrete.
- Experiencias en la medición de la calidad en el servicio de turismo comunitario en Chuburná Yucatán.** 146
Carlos Hermilo De la Cruz Canul-Martínez. Olda Concepción Camargo-Santos.
- Innovación y responsabilidad social corporativa: Impactos en el desempeño empresarial de las Mypes de Benito Juárez.** 153
Hermelindo Chi Poot. Elisa Guillén Arguelles. José Román Bracamonte Pacheco.
- Partículas de carbón como indicadores del fuego en el pasado.** 165
Chloe Brynie Ulanie Rosas. Alicia Carrillo-Bastos. Claudia González-Salvatierra.

Comité Editorial Científico, participando en este ejemplar:

Instituto Tecnológico de Chetumal (México)

Dr. Julio César Cruz Argüello (SNII)
Mtra. Claudia Beatriz Rodríguez Poot
Dr. Luis Felipe Jiménez Torrez (SNII)
Mtro. Enrique Alpuche Pérez
Dr. Leopoldo Querubin Cutz Pool
Dra. Alicia Carrillo Bastos
Mtra. María Josefina Aguilar Leo
Dr. Eustacio Díaz Rodríguez (SNII)
Dra. Danna Lizeth Trejo Arroyo (SNII)
Dr. Robert Beltrán López (SNII)
Dra. Blandy Berenice Pamplona Solís (SNII)
Dr. Ricardo Enrique Vega Azamar (SNII)
Dra. Herlinda del Socorro Silva Poot (SNII)

Universidad de Quintana Roo (México)

Dr. Edgar Alfonso Sansores Guerrero (SNII)
Dra. Juana Edith Navarrete Marneou (SNII)
Dra. Luz Margarita González López
Dr. Ángel Aarón Rosado Varela

Universidad Politécnica de Bacalar (México)

Mtra. María Antonia de los Ángeles Díaz Martín

Universidad Autónoma de Sinaloa (México)

Dra. Ana María López Carmona

Universidad Autónoma de Aguascalientes (México)

Dr. Miguel Ángel Oropeza Tagle (SNII)

Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo (México)

Dra. Valeria Betzabé Cuevas Albarrán (SNII)

Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan (México)

Dra. Esmeralda Aguilar Pérez (SNII)

Universidad de Piura (Perú)

Dr. Luis Gerardo Gómez Jacinto

Instituto Tecnológico de Comitán (México)

Dr. Francisco Gabriel Yáñez Domínguez

Universidad Autónoma de Yucatán (México)

Dra. Elizabeth del Rosario Vázquez Borges

Universidad Tecnológica de Chetumal (México)

Dr. Martín Antonio Santos Romero (SNII)

Universidad Veracruzana (México)

Dr. Saulo Sinforoso Martínez (SNII)
Dr. Oscar Yahevh Carrera Mora (SNII)

Universidad de Oriente campus Puebla (México)

Dr. Carlos Alberto Lobato Tapia

Instituto Tecnológico de Celaya (México)

Dr. J. Jesús Villegas Saucillo

Red de Investigadores de la Transcomplejidad (Venezuela)

Dra. Crisálida Villegas González

Instituto Tecnológico de Iguala (México)

Mtro. Jorge Eduardo Ortega López

Instituto Tecnológico de Chilpancingo (México)

Mtro. Sergio Ricardo Zagal Barrera

Instituto Tecnológico de Sonora (México)

Mtro. Ciriaco Jesús Manuel Valenzuela Romero

Universidad Autónoma de Tlaxcala (México)

Dra. María Mercedes Rodríguez Palma

Universidad del Mar (México)

Dr. Eduardo Jiménez Hidalgo (SNII)

Instituto Tecnológico de la Zona Maya (México)

Dr. Fernando Casanova Lugo (SNI)

Universidad de Guadalajara (México)

Dr. Rogelio Rivera Fernández (SNII)
Dr. Francisco Javier Moscoso Sánchez (SNII)
Dra. Adriana Hernández García (SNII)

Universidad del Valle de Atemajac (México)

Dr. Evelio Gerónimo Bautista (SNII)

Ecosur (México)

Dra. Carla Beatriz Zamora Lomelí (SNII)

Universidad de Sonora (México)

Dr. José Christian Arias-Herrera (SNII)

Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos (México)

Mtra. Karla Margarita Castilla Acosta

Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo (México)

Dra. Susana Reyes Vázquez

Universidad ESAN (Perú)

Dr. Edmundo R. Lizaraburu Bolaños

Universidad del Caribe (México)

Dr. Miguel Ángel Olivares Urbina (SNII)

SFAI México (México)

Mtro. Miguel Chamlaty Toledo

Instituto Tecnológico de Morelia (México)

Mtra. Melina Velasco Plascencia
Dr. Mario Misael Machado López (SNII)

Universidad de las Américas (Venezuela)

Dra. Franyelit María Suárez Carreño

Universidad Nacional de Huancavelica (Perú)

Dr. Edwin Julio Cóndor Salvatierra

Universidad de Ciego de Ávila (Cuba)

Mtro. Esteban Rodríguez Torres

HOTELES DE TUXPAN VERACRUZ. UNA MIRADA DESDE LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL

Saulo Sinforoso Martínez¹, Melissa González Enríquez²,
Edalid Álvarez Velázquez³, Lázaro Salas Benítez⁴

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 20/06/2024 Aceptado: 20/08/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a1>

Resumen.- El objetivo general de esta investigación es diagnosticar la aplicación de la normatividad ambiental en los hoteles de Tuxpan Veracruz durante el ejercicio 2023. Como parte de la metodología se aplicó un cuestionario con respuestas escala Likert. Se estudiaron a 28 hoteles de Tuxpan Veracruz. Los resultados muestran que el uso de normas ambientales favorecen el desarrollo de las actividades en las empresas hoteleras beneficiando su visibilidad y la proyección de su imagen ante el público en general. Estudiar los hoteles de Tuxpan Veracruz desde la perspectiva de la normatividad ambiental justifica la originalidad de la investigación. Se concluye que la normatividad ambiental es fundamental su aplicación en los hoteles objeto de estudio, pues contribuye al cuidado y conservación de los recursos naturales de la región.

Palabras clave: Sustentabilidad, Organizaciones, Turismo, Marco legal.

TUXPAN VERACRUZ HOTELS. A LOOK FROM ENVIRONMENTAL REGULATIONS

Abstract.- The general objective of this research is to diagnose the application of environmental regulations in the hotels of Tuxpan Veracruz during the year 2023. As part of the methodology, a questionnaire with a Likert scale responses was applied. 28 hotels in Tuxpan Veracruz were studied. The results show that the use of environmental standards favors the development of activities in hotel companies, benefiting their visibility and the projection of their image to the general public. Studying the hotels of Tuxpan Veracruz from the perspective of environmental regulations justifies the originality of the research. It is concluded that environmental regulations are essential for their application in the hotels under study, as they contribute to the care and conservation of the natural resources of the region.

Keywords: Sustainability, Organizations, Tourism, Legal Framework.

Introducción

La gestión ambiental es el conjunto de actividades realizadas por personas de manera voluntaria con el objeto de mantener un mundo más limpio y cuidado, a través de la planeación, actuación, e implementación de acciones de mejora en la vida ecológica para que las nuevas generaciones disfruten de un mundo mejor y sostenible. La gestión ambiental enfocada en el cuidado y conservación de los recursos naturales permite identificar y priorizar aspectos positivos y negativos de desempeño de actividades ambientales, que así mismo regula métodos aplicados en establecimientos de hospedaje, para mantener el equilibrio ecológico de ecosistemas que lo rodean, garantizando el bienestar de todos, pues con base a Espinoza y Chávez (2021) en la actualidad la sociedad ha elevado su interés por preservar el medio natural.

Los hoteles son empresas encargadas de brindar hospedaje a sus usuarios, fomentando el cuidado y conservación de los recursos naturales mediante la aplicación de regulaciones, normas y políticas ambientales como la ISO 14001:2015 en actividades del sector hotelero para concientizar a los habitantes de la región sobre la importancia del cuidado al

¹ Docente de Tiempo Completo adscrito a la Facultad de Contaduría de la Universidad Veracruzana, Tuxpan. <https://orcid.org/0000-0001-6961-5546>. ssinforoso@uv.mx. (Autor correspondiente).

² Estudiante de la Licenciatura en Gestión y Dirección de Negocios adscrita a la Facultad de Contaduría de la Universidad Veracruzana, Tuxpan. <https://orcid.org/0009-0009-0162-1726>. glezm937@gmail.com.

³ Docente de Tiempo Completo adscrita a la Facultad de Contaduría de la Universidad Veracruzana, Tuxpan. <https://orcid.org/0000-0002-0251-0376>. edalvarez@uv.mx.

⁴ Docente de Tiempo Completo adscrito a la Facultad de Contaduría de la Universidad Veracruzana, Tuxpan. <https://orcid.org/0000-0003-3871-0094>. lsalas@uv.mx.

medio ambiente, sin embargo se observa en algunos hoteles la falta de conocimiento y aplicación de normas de carácter ambiental, motivo por el cual se busca diagnosticar la aplicación de la normatividad ambiental en los hoteles de Tuxpan Veracruz durante el ejercicio 2023.

La población de estudio son los hoteles de Tuxpan Veracruz, que a través de un cuestionario como instrumento de recolección de datos se identifica la aplicación de la normatividad ambiental para el cuidado y conservación de los recursos naturales que favorezcan el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), por tanto se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es la aplicación de la normatividad ambiental en los hoteles de Tuxpan Veracruz?, pues se tiene como hipótesis que identificando la aplicación de la normatividad ambiental se contará con información para generar recomendaciones que permeen la toma de decisiones en materia ambiental que favorezca el cuidado a los recursos naturales del planeta y al desarrollo empresarial hotelero.

Marco teórico

Los recursos naturales. Aspectos generales

Los recursos naturales según Rodríguez (2021) son considerados fuentes de riqueza demasiado grandes brindadas por la tierra, donde las personas explotan sus elementos naturales para la obtención de un bien económico. Por su parte Mastrangelo (2009) los define como los bienes materiales que proporciona la naturaleza, que no son alterados o modificados por el ser humano. De igual manera, el Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (2024) lo define como los elementos que forman parte de la naturaleza y el hombre los puede explotar, utilizar y aprovechar para beneficiarse económicamente de ellos, tales como los minerales, el agua, el viento, el suelo, la flora y la fauna, estos recursos son el complemento del ser humano para la obtención de alimentos y desempeño de actividades, manteniendo una calidad de vida digna.

Los recursos naturales forman parte del planeta y pueden ser renovables o no renovables, enfocados en el cuidado del medio ambiente, donde los renovables se encargan de los recursos naturales mientras que los no renovables son recursos transformados en productos o energía para las ocupaciones humanas. Es por ello que, el cuidado y conservación de los recursos naturales en el mundo es importante, pues reducen la contaminación y ayudan a conservar un patrimonio más sustentable para todos, utilizando los recursos transformados o no transformados en energía para el desempeño de las actividades diarias de las personas, con el fin de mantener un planeta más sustentable y consciente. Es urgente fomentar una cultura ambiental en todos los ámbitos, en particular en el sector hotelero, pues por lo general éstas empresas dependen de los recursos naturales para el desarrollo de sus actividades, esto justifica la importancia de crear y promover el turismo sostenible, con la implementación de prácticas ambientales que cuiden y conserven los recursos naturales, mediante el reciclaje, la reutilización de materiales, el cuidado del agua y gestión del uso de energía eléctrica, aplicación de certificaciones ambientales, entre otras prácticas verdes.

2.-Sector hotelero y la normatividad ambiental

Un hotel es una empresa que ofrece a los huéspedes y turistas el servicio de hospedaje y requiere de recursos naturales para la integración de ciertas normas para el correcto desempeño de actividades relacionadas con la ecología, sustentabilidad y medio ambiente, adoptando así el nombre de hoteles eco-friendly (amistad ecológica), por el hecho de trabajar e implementar prácticas y políticas ambientales en sus ocupaciones y actividades.

Las empresas dedicadas a brindar el servicio de hospedaje se enfocan en maximizar sus ganancias y hacer que el sector hotelero reestructure el uso de prácticas ambientales en la zona, para mejorar el desempeño de sus actividades en el sector, creando una mayor confianza y satisfacción al cliente (Espinoza y Chávez, 2021). Así mismo el sector hotelero forma parte del turismo y algunos agentes o responsables de cada entidad implementan una serie de normas como la ISO 14001: 2015 que es la encargada de salvaguardar y regular actividades ambientales en cualquier tipo de organización mediante el Sistema de Gestión ambiental y normas ambientales, aportando conciencia a los colaboradores y turistas que visitan los establecimientos.

El turismo es importante porque activa la economía del país aumentando el valor económico sobre las entidades y regiones en las que se actúe, ya sea por actividades turísticas o eventos relacionados con la naturaleza que tengan por objetivo satisfacer los deseos y necesidades de los huéspedes y la población. Dentro del sector turístico se encuentran organizaciones de nivel nacional e internacional que están interrelacionadas para reglamentar actividades económicas y ambientales, una de las principales a nivel internacional es la Organización Mundial del Turismo (OMT) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el fin de crear políticas orientadas a un turismo sostenible.

En México, existen organizaciones para conservar los recursos naturales y evitar su mal aprovechamiento, los más representativos son: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Procuraduría Federal de Protección al Medioambiente (PROFEPA), éstas instituciones tienen un objetivo en común, el cuidado y conservación del medio ambiente, así mismo fomentan la correcta realización de prácticas ambientales. Por otra parte, en México una de las Leyes más importante en materia ambiental es la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que determina la correcta realización de acciones sobre el equilibrio ecológico.

3.-Cuidado y conservación de los recursos naturales en los hoteles. Revisión de la literatura desde una perspectiva de gestión ambiental y normatividad.

El cuidado y conservación de los recursos naturales son elementos claves para crear conciencia en las personas, tanto colaboradores como turistas. Además, todas las personas deben ser conscientes de lo que están dejando a las nuevas generaciones. Para obtener un mejor cuidado y conservación de los hoteles es necesario aplicar las normatividades ambientales existentes dentro del sector hotelero y la región contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que garanticen un medio ambiente sin riesgos, limpio y sostenible.

Existen diversas investigaciones tanto nacional como internacional relacionadas con el cuidado y conservación de los recursos naturales de los hoteles desde la perspectiva de la normatividad ambiental y la gestión ambiental. En un contexto internacional, en Argentina, Schenkel (2024) al analizar el rol que asumen las áreas naturales protegidas en la política turística desde la diversidad y complejidad, afirma que la política turística aprueba el desarrollo de programas turísticos en áreas protegidas, con el fin de valorar el turismo, la naturaleza, y la integración del desarrollo de programas turísticos en áreas protegidas. En Panamá, Rengifo y Palacios (2024), al implementar prácticas ambientales y Responsabilidad Social Empresarial en los hoteles de Bella Vista concluyen que estas actividades crean atracción y confianza a los clientes, fortaleciendo la imagen de la empresa y su permanencia en el mercado.

En China, Calado (2024) considera importante evaluar las percepciones de los mandos intermedios de los hoteles y casinos de Macao para proporcionar información privilegiada y valiosa a la gestión hotelera y mantener, o incluso aumentar las políticas e iniciativas de promoción de la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) para una mejor captación de clientes. En España, Quirce (2023) resalta la importante de conocer si las medidas voluntarias de la RSC se aplican en las organizaciones, concluyendo que la RSC permite crear valor a las empresas, creando vínculo con sus colaboradores y valor al talento humano como estrategia para aumentar el turismo y economía.

En Colombia, Ochoa (2021) concluye que como parte de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) hotelera es necesario generar sensibilización y conciencia para realizar propuestas y mejorar los mecanismos de gestión en la actividad turística a través de prácticas voluntarias. Por su parte Roa, Sánchez y Castro (2020) determinan que los establecimientos de alojamiento al implementar normas, permite al turismo ser más competitivo y mejorar sus indicadores de ingresos y reducción de costos. Para Galán et al. (2020) la certificación ambiental genera confianza en el capital social.

En Ecuador, Arebalo et al. (2021) enfatizan que la influencia de instituciones gubernamentales en la regulación y aplicación de normas beneficia, impulsa e incentiva al sector hotelero para realizar prácticas ambientales positivas. Para Cabrera y Cuétara (2020) resaltan la importancia del tema de gestión de sostenibilidad turística con la finalidad de ser un proceso de mejora continua en la actividad turística en destinos de sol y playa.

En Cuba, existen diversos estudios como el de Febles et al. (2022) quienes afirman que las buenas prácticas ambientales influyen de manera positiva en el Hotel, porque los beneficia en la economía y la comercialización, por tanto, la aplicación de la normatividad ambiental favorece la permanencia en el mercado de los hoteles. Collins-Campos (2022) por su parte menciona que el diseño de procedimiento de gestión ambiental facilita el acceso de conocimiento a colaboradores y la sociedad y previene futuros problemas de concepto ambiental. Por su parte Azze y Ochoa (2017) plantean un procedimiento general sobre la gestión ambiental en la Villa Mirador de Mayabe que favoreció la implementación de estrategias, mientras que Torres, Pelegrino y Colás (2020), realizan un diagnóstico sobre la gestión ambiental en el hotel Caballeriza con el fin de establecer acciones de mejora y poder mejorar la calidad del ambiente, por último otro de los estudios realizados en este país es el de González, Ochoa y Quesada (2019), quienes estudiaron la gestión ambiental en hoteles Brisas Covarrubias de las Tunas.

En un contexto nacional Hernández, Vargas y Delgado (2024), al analizar la influencia de la eco-innovación sobre la sustentabilidad del sector hotelero de Nuevo Nayarit, concluyen que la eco-innovación tiene una influencia significativa y positiva sobre la sustentabilidad del sector, donde las buenas prácticas de operación junto a la gestión ambiental son los aspectos de mayor poder explicativo y predictivo. Otro estudio realizado por Balseca, Toledo y Velázquez (2023) al explorar las prácticas ambientales que realizan las Pymes hoteleras de 3 a 4 estrellas de la ciudad de Oaxaca de Juárez, concluyen que la aportación de conocimiento a las prácticas ambientales es una alternativa para disminuir gastos y mejorar los ingresos del hotel, en el que las organizaciones ambientales buscan influir en el gobierno para fomentar la conciencia en el cuidado del medio ambiente. Por su parte Reyes y Sánchez (2022) afirman que la implementación de conocimiento e innovación de actividades en el turismo beneficia la visión estratégica y ambiental del hotel.

Otro estudio es el realizado por Soto, Ibarra y Delgado (2022) quienes al analizar la innovación sostenible como estrategia competitiva de los establecimientos hoteleros resaltan la importancia de las normas y políticas ambientales, así mismo Sánchez y Flores (2022) afirman que el uso de normas y prácticas ambientales benefician al hotel en cuanto a sus servicios, calidad y la mejora del entorno y sus familias al aplicar las prácticas sostenibles en su día a día. Por su parte Moreno y Álvarez (2022) al identificar las prácticas sustentables y su efecto en el sector hotelero de la ciudad de Los Mochis, Sinaloa destacan la importancia de adaptar nuevas estrategias para cumplir con las prácticas ambientales y favorecer el cuidado del medio ambiente. En el caso de los resultados de Sánchez (2021) al estudiar un hotel de cinco estrellas del sur de la ciudad de México muestra que la empresa no cuenta con las condiciones para realizar una auditoria para una certificación tipo ambiental.

En México el tema de la gestión ambiental en los hoteles se ha desarrollado de manera paralela con la Responsabilidad Social Empresarial, al respecto Ibarra, Vela y Hernández (2022) establecen que la Responsabilidad Social Corporativa y la gestión de la calidad total inciden positivamente en el desempeño del sector hotelero de México. Otros estudios como los de Martínez, Delgado y Vargas (2021) quienes se enfocan en los hoteles de la ciudad de México afirman que existe un área de oportunidad en cuanto a las prácticas y políticas ambientales. El estudio realizado por Figueroa (2021) en hoteles de 5 estrellas en Cozumel determina que el sector turístico sostenible es de vital importancia porque desarrolla prácticas ambientales relacionadas con el cuidado ambiental, la gestión y concientización del personal y los visitantes, así como la aplicación de las normas ambientales.

Para Mondragón y Cárdenas (2020) al estudiar el sector turístico en Aculco, afirman que los objetivos de la Agenda 2030 son importantes en la gestión ecológica para minimizar efectos en la salud humana y medio ambiente, así como lograr un turismo sostenible. Para finalizar este apartado el estudio de Portillo (2020) sobre la implementación del Sistema de Gestión Ambiental aplicada en los hoteles en la Riviera Maya, concluye que la realización del estudio de gestión ambiental sirve para medir y analizar los efectos nocivos presentes en el sector y al resolver estos problemas, así mismo Martínez y Bojórquez (2020) reflexionan que el uso de enotecnias de energía, agua, recursos y residuos, benefician a la comunidad hotelera en la reducción de la economía y el cuidado del ambiente, influyendo en la conciencia ambiental en el sector y sociedad.

Materiales y métodos

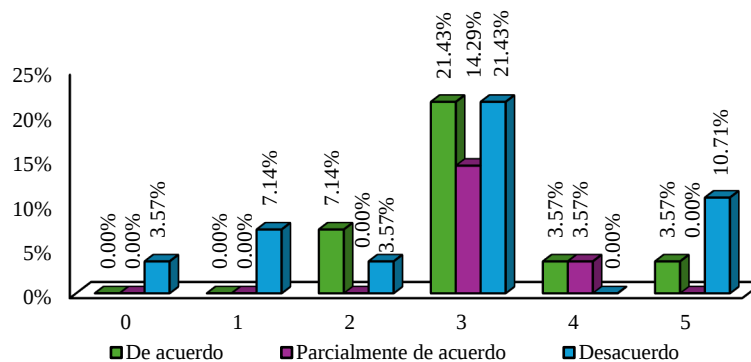
Esta investigación es de tipo no experimental, tiene un alcance descriptivo y de diseño transversal, se utilizó el método de análisis. La población de estudio fueron los hoteles de 0 a 5 estrellas ubicados en Tuxpan Veracruz, que con base al portal del ayuntamiento del municipio de Tuxpan Veracruz consultado en el año 2023 se tienen en el directorio registrados a 53 hoteles. La muestra estudiada fue de 28 hoteles (empresas que accedieron a responder el diagnóstico). Se utilizó un cuestionario como instrumento de recolección de datos con respuestas escala Likert aplicada a colaboradores de los hoteles de la ciudad de Tuxpan, Veracruz durante los meses de noviembre y diciembre de 2023 con la finalidad de diagnosticar la aplicación de normatividades relacionadas con el cuidado y conservación del medio ambiente.

Resultados y Discusión

En este apartado se muestran los resultados obtenidos sobre el diagnóstico de la aplicación de la normatividad ambiental, el conocimiento de normas ambientales, la aplicación de alguna norma ambiental en los hoteles, la consideración de las normas en la realización de una actividad o proyecto y si el hotel cuenta con un medio de evaluación periódica de recursos no favorables para el medio ambiente.

Respecto a la certificación ambiental al encuestar a los colaboradores de los hoteles de Tuxpan Veracruz, se identifican los siguientes datos aproximados: el 35.71% está de acuerdo en contar con una certificación de carácter ambiental, siendo los hoteles de tres estrellas los que respondieron en su mayoría de manera favorable. El 17.86% esta parcialmente de acuerdo y 46.43% en desacuerdo. El contar con una certificación ambiental, con base a Molina (2018) impacta positivamente captando a clientes con conciencia ambiental y a generar empleos en la comunidad, por tanto, con base a los resultados de este estudio, existe un área de oportunidad para la mayoría de los hoteles establecidos en Tuxpan que les genera una ventaja competitiva respecto a los hoteles que no aplican certificación ambiental. Los datos antes descritos se muestran en la gráfica 1.

Grafica 1. Certificación ambiental en los hoteles de Tuxpan.

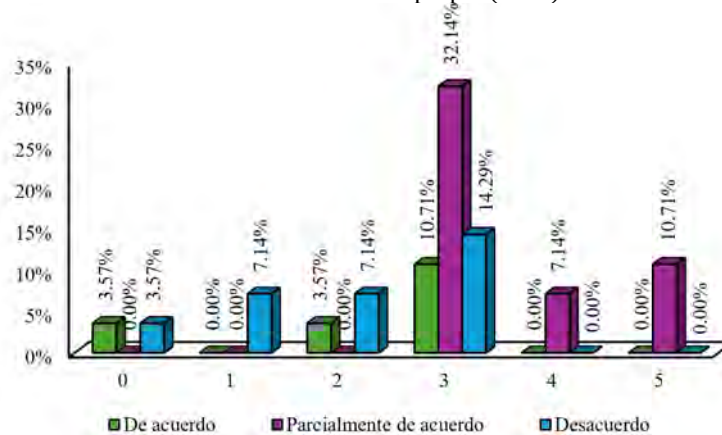


Nota: Elaboración propia (2024)

En la gráfica 2 respecto al conocimiento de las normas ambientales, al encuestar a los colaboradores de los hoteles de Tuxpan, Veracruz, los datos aproximados son: el 17.85% está de acuerdo en conocer las normas ambientales aplicadas en los hoteles, siendo los hoteles de tres estrellas los que respondieron en su mayoría de manera favorable. El 49.99% esta parcialmente de acuerdo y 32.14% en desacuerdo.

Gráfico 2. Conocimiento de normas ambientales. Caso hoteles de Tuxpan

Fuente: Elaboración propia (2024)

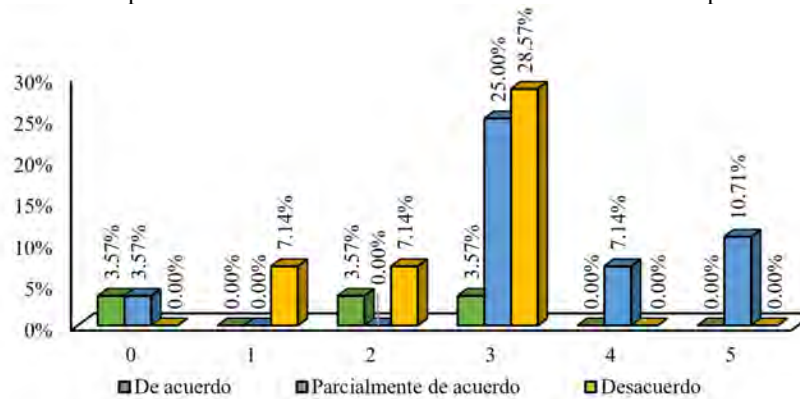


Nota: Elaboración propia (2024)

El tener conocimiento de las normas ambientales para Sharpe, Harwell y Jackson, (2021) le genera mejora en las prácticas ambientales en los hoteles aumentando su valor en el mercado, siendo que los colaboradores al ser integrados en procesos de evaluación y toma de decisiones mejoran el desarrollo de actividades de la empresa. Por tanto, con base a los resultados aproximados de este estudio el 10.34% de los hoteles estudiados muestran ventaja sobre los demás hoteles, señalando la importancia de fomentar el conocimiento de normas ambientales en la realización de actividades de hospedaje y gestión de un sector turístico más ecológico. Los datos antes descritos se muestran en la gráfica 2.

Respecto a la aplicación de normas ambientales al encuestar a los colaboradores de los hoteles de Tuxpan, Veracruz, los resultados aproximados muestran que el 10.71% está de acuerdo de aplicar normas ambientales, siendo los hoteles de tres estrellas los que respondieron en su mayoría de manera favorable. El 46.42% está parcialmente de acuerdo y 42.85% en desacuerdo. El aplicar normas ambientales en las organizaciones con base a Bianco, Bernard y Singal, (2023) genera mayor rendimiento en el desempeño de actividades y ventaja competitiva en el mercado, puesto que la entidad al tener una certificación ambiental obtiene mayores beneficios, además con base a Severiche, et al. (2017: 487) “el reto principal de la sostenibilidad empresarial en el sector hotelero es estar en armonía con los aspectos ambientales”. Los datos antes descritos se muestran en la gráfica 3.

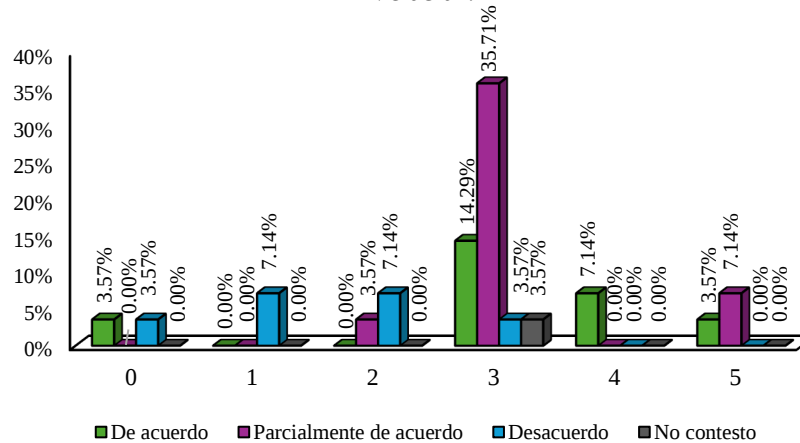
Gráfico 3. Aplicación de normas ambientales. Caso hoteles de Tuxpan Veracruz



Nota: Elaboración propia (2024)

En la gráfica 4 se muestran los resultados aproximados de la consideración de normas ambientales en el desarrollo de nuevos proyectos y servicios en los hoteles de Tuxpan Veracruz. Al encuestar a los colaboradores del sector hotelero, se identifica que el 28.57% está de acuerdo en considerar las normas ambientales para el desempeño de actividades, siendo los hoteles de tres estrellas los que respondieron en su mayoría de manera favorable. Los resultados muestran que el 46.42% de los hoteles esta parcialmente de acuerdo y el 21.42% en desacuerdo. El considerar normas ambientales en el desarrollo de nuevos proyectos o actividades Sharpe, Harwell y Jackson (2021) afirman que son importantes para el cuidado del medio ambiente y la imagen de la empresa, ya que al integrar a los colaboradores en la toma de desiciones y practicas ambientales se agiliza el desarrollo de practicas, represantando la inclusión y responsabilidad de la empresa con los colaboradores. En este cuestionamiento uno de los hoteles de tres estrellas no emitió su respuesta.

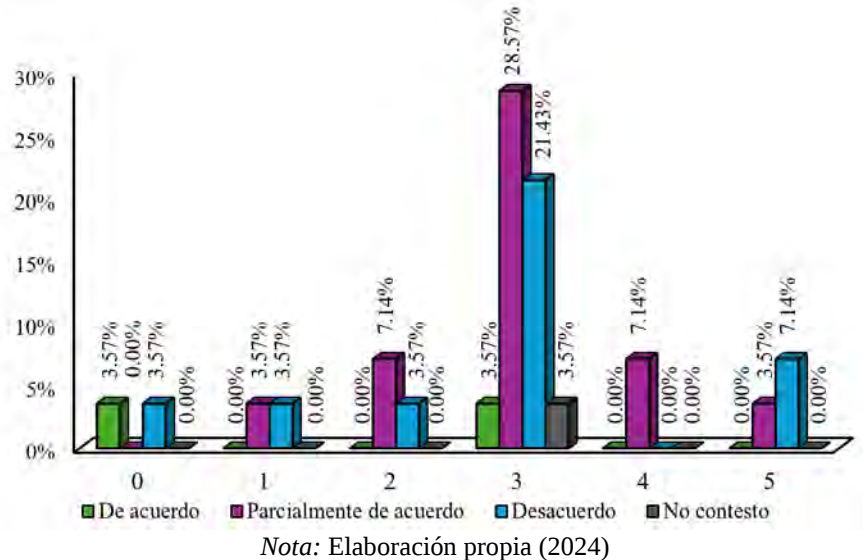
Gráfico 4. Desarrollo de nuevos proyectos o servicios considerando las normas ambientales en hoteles de Tuxpan Veracruz.



Nota: Elaboración propia (2024)

Respecto a la evaluación periódica del uso de recursos no favorables con el medio ambiente, como productos químicos tóxicos, detergentes y materiales de construcción no sostenibles al encuestar a los colaboradores de los hoteles de Tuxpan Veracruz, se identifica en la gráfica 5 los resultados aproximados: 7.14% están de acuerdo de contar con medios para la evaluación periódica de recursos naturales no favorables en los hoteles, el 49.99% parcialmente de acuerdo y 38.98 % en desacuerdo. Un hotel de tres estrellas no respondió esta pregunta. La evaluación de recursos no favorables, con base a Dos santos et al. (2020) implica promover un modelo de gestión hotelera que equilibre las especificaciones de sostenibilidad y las preocupaciones de los grupos de interés (Stakeholders), para mejorar el manejo sostenible de la entidad. Además, es necesario diagnosticar cuales medios son poco factibles para el medio ambiente, ya que, esto con el paso de los años puede generar problemas ambientales en la entidad.

Gráfico 5. Evaluación periódica del uso de recursos no favorables al medio ambiente en los hoteles de Tuxpan



Conclusiones

La normatividad ambiental está relacionada con la economía, política y sociedad, con el propósito de crear y gestionar acciones para una correcta toma de decisiones en los hoteles de México y el mundo con el fin de que los individuos tomen conciencia de sus acciones, pues contribuir al cuidado y conservación de los recursos naturales es responsabilidad de todos y todas. Se concluye que la normatividad y la gestión ambiental son de vital importancia en el sector hotelero, porque fomentan la mejora del medio ambiente. El tener responsabilidad social, compromiso ambiental y aplicar un sistema de gestión ambiental son fundamentales para obtener un desempeño ambiental favorable en los hoteles.

La gestión ambiental es clave para las empresas hoteleras, pues el turismo tiene una relación directa con los recursos naturales, ya que dependen de éstos para obtener un beneficio económico, lo que resalta la importancia de la norma ISO 14001:2015, pues favorece la mejora de las instalaciones, acciones o actividades que la entidad y el personal realiza de manera interna y externa a la empresa, se recomienda analizar las capacidades ambientales de la empresa para evitar problemáticas derivadas por el daño al medio ambiente.

Es recomendable la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental y la Responsabilidad Social Empresarial en el sector hotelero objeto de estudio, ya que favorece el cuidado y conservación de los recursos naturales y el desarrollo económico de la región, mediante acuerdos con instituciones u órganos de protección ambiental, con el fin de fomentar la mejora en instalaciones, actividades e imagen corporativa de los hoteles de la región. Es necesario gestionar actividades sobre el consumo del agua, energía, residuos, entre otros. Como futuras investigaciones se establece que el diagnóstico de la aplicación de normatividad ambiental se puede aplicar a empresas de distintos giros como restauranteras, comerciales y de actividad industrial, así mismo puede abordarse en empresas establecidas en otras ciudades distintas a Tuxpan donde el sector turismo es uno de los pilares fundamentales para su economía.

Agradecimiento

Se agradece a los estudiantes del semillero de investigación de la Facultad de Contaduría de la Universidad Veracruzana Tuxpan, así como docentes de dicha institución que de manera directa e indirecta participaron en este

estudio. Agradecimiento a la Universidad Veracruzana por el otorgamiento de becas a estudiantes de Licenciatura como ayudantes en proyectos de investigación registrados en el Sistema de Registro y Evaluación de la Investigación (SIREI).

Referencias bibliográficas

- Arebalo, J. D., Armigos, J. C., Tapia, E. M., y Fernández, G. V. (2021). La Responsabilidad Socio Ambiental en el sector empresarial hotelero: Casos Guayaquil y Cuenca, Ecuador. *Estudios de Administración*, 28(2), 131-145. <https://doi.org/10.5354/0719-0816.2021.64690>
- Azze, A.M. (2017). La gestión ambiental en una entidad hotelera de turismo de naturaleza. caso Villa Mirador de Mayabe de Holgín, Cuba. *Revista interamericana de ambiente y turismo*, 13(1), 52-67. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-235X2017000100052>
- Balseca, J. C., Toledo, A., y Velázquez, R. M. (2023). Prácticas ambientales de las Pymes Hoteleras. *Revista de Gestión e secretario*, 9420-9440. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i6.2308>
- Bianco, S., Bernard, S. y Singal, M. (2023). El impacto de las certificaciones de sostenibilidad en el desempeño y la acción competitiva en los hoteles. *Revista Internacional de Gestión Hotelera*, 108. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2022.103379>
- Cabrera-Cedeño, R. y Cuétara-Sánchez, L. M. (2020). Procedimiento para la evaluación de la sostenibilidad turística en el destino sol y playa crucita. *Dominio de las Ciencias*, 6(4), 856-875. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1508/0> Consultado:21/08/2024
- Calado, J. (2024). Percepciones de los gerentes de hostelería de Macao sobre la sostenibilidad y la RSC. *ROTUR*, 18(1), 55-75. <https://doi.org/10.17979/rotur.2024.18.1.10221>
- Collins-Campos, Y. R. (2022). Procedimiento para la gestión del conocimiento ambiental organizacional. *Ciencias Holguín*, 28(2), 39-45. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181571550004> Consultado: 21/08/24
- Dos santos, R. A., Meiriño, M., Gomes, H., Pacinini Mexas, M. y Sampaio, M. (2020). Criterios para evaluar un negocio hotelero sostenible. *Revista de Producción Más Limpia*, 262, 121347. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121347>
- Espinosa, O.G. y Chávez, R.M. (2021). Gestión ambiental hotelera en Puerto Vallarta: motivaciones y limitantes. *Noesis. Revista de ciencias sociales*, 30(60), 251-269. <https://doi.org/10.20983/noesis.2021.2.12>
- Febles, A., Sánchez, C. L., González, A., y Molina, A. (2022). Programa de buenas prácticas ambientales en el Hotel Club Villa Cojimar. *Eco Solar*, 79, 3-8. Disponible en: <http://ecosolar.cubaenergia.cu/index.php/ecosolar/article/view/92> Consultado:21/08/24
- Figueroa Negrete, A. D. (2021). Evaluación de prácticas ambientales aplicadas al sector hotelero en Cozumel, Quintana Roo. Estudio en caso. (Tesis Maestría) maestría en ingeniería ambiental y tecnológicas sustentables, Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca Morelos, México. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1684/FINAGN09T.pdf>
- Galán, M., Vélez, M. L., Tribiño, L. F., y Morales, D. M. (2020). Desafío de la certificación en sostenibilidad turística para el área delimitada del centro de la Candelaria de Bogotá (Colombia). *Estudios y perspectivas del turismo*, 29(4), 1155-1178. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7590696> Consultado: 21/08/2024
- González, B., Ochoa, M.B. y Quesada, G.M. (2019). La gestión ambiental integral en el hotel Brisas Covarrubias de las Tunas. *Ciencias Holguín*, 25819, 69-83. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1815/181558076007/html/#:~:text=En%20las%20empresas%20hoteleras%20la,amigables%20con%20el%20medio%20ambiente>. Consultado:21/08/24
- Hernández, A. R., Vargas, E. E., y Delgado, A. (2024). Eco-innovación en el sector hotelero de Nuevo Nayarit, México. Una perspectiva sustentable. *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 13(26), 237-252. <https://doi.org/10.17163/ret.n26.2023.04>
- Ibarra, M., Vela, J. B., y Hernández, F. (2022). La importancia de la responsabilidad social corporativa y la gestión de la calidad total en los hoteles de México. *Dirección y Organización*, 76(2), 43-57. Doi:10.37610/dyo.v0i76.617
- Instituto de Información Estadística y Geografica de Jalisco. (2024). IIEG. Obtenido de https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=144 Consultado: 21/08/24
- Martínez, A. I., y Bojórquez, A. R. (2020). Análisis de rentabilidad sobre las ecotecnias en los hoteles de la Ciudad Valles. S.L.P. A [archivo PDF]. Disponible en: <https://www.eumed.net/actas/20/desarrollo-empresarial/59-analisis-de-rentabilidad-sobre-las-eco-tecnias.pdf>

- Martínez, K., Delgado, A., y Vargas, E. E. (2021). Adopción de tecnologías verdes y su influencia en las prácticas de responsabilidad ambiental. Percepciones de los trabajadores de hoteles. *Estudios Gerenciales*, 37(161), 532-541. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2021.161.4071>
- Mastrangelo, A. V. (2009). Análisis del concepto de recursos naturales en dos estudios de caso en Argentina. *Ambiente y sociedad*, XII (2), 341-355. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31715780008> Consultado:21/08/24
- Molina, S.A. (2018). Certificación turística sostenible y los impactos socioeconómicos percibidos por hoteles en Costa Rica. 17(2), 362-373. Disponible en: <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=88165873008> Consulta:21/08/24
- Mondragón, D., y Cárdenas, I. (2023). Propuesta de acciones para promover la sustentabilidad en el sector turístico en Aculco, Estado de México. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 8601-8617. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5976
- Moreno, K. J., y Álvarez, I. N. (2022). Las prácticas sustentables y su efecto en el sector hotelero. *Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO*, DS (27), 57-68. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8527001> Consulta:21/08/24
- Ochoa, L. E. (2021). La práctica de la responsabilidad social empresarial en el sector turístico y hotelero en Colombia en los últimos diez años. Fundación Universitaria Área Andina. Disponible en: <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/3928> Consultado:21/08/24
- Portillo, R. (2020). Estudio y análisis de los sistemas de gestión ambiental en el sector hotelero de Quintana Roo. *Luris Tantum*, 34(31), 59-80. <https://doi.org/10.36105/iut.2020n31.06>
- Quirce, A. M. (2023). La responsabilidad social en el sector hotelero español: Análisis cualitativo de las políticas y prácticas de recursos humanos en la industria hotelera. Universidad de Cádiz. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10498/28982> Consulta:21/08/24
- Rengifo, G. D., y Palacios, M. (2024). Práctica de responsabilidad social empresarial en los hoteles de tres estrellas del corregimiento de Bella Vista. *CPA PANAMÁ*. <https://doi.org/10.48204/2953-3147.4707>
- Reyes, M. D., y Sánchez, P. S. (2022). Capacidades basadas en el conocimiento para la gestión ambiental en hoteles de Oaxaca, México. *El periplo sustentable* (42), 168-193. <https://doi.org/10.36677/elperiplo.v0i42.12268>
- Roa, M. I., Sánchez, L. R., y Castro, E. S. (2020). Modelo gerencial para medir el desempeño ambiental en establecimientos de alojamiento en Bogotá. *Tendencias en la Investigación Universitaria. Una visión desde Latinoamérica*, 2, 114-132. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7785123> Consulta:21/08/24
- Sánchez, L.E. (2021). Gestión ambiental en la hotelería. Caso de un hotel cinco estrellas del sur de la CDMX. (Tesis Licenciatura). Licenciatura en Turismo de la Universidad Autónoma del Estado de México. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/111782/Tesis%20Oficial%20LESL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, J. y Flores, A. (2022). Análisis del impacto que puede tener el Hotel Ventus at marina spa & beach resort al implementar la norma la norma ISO 14001. (Tesis Licenciatura) Licenciatura en Gestión y Desarrollo Turístico, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Cuitláhuac Veracruz, México. Obtenido de <http://reini.utcv.mx/handle/123456789/1381>
- Schenkel, E. (2024). El desarrollo de destinos turísticos a partir de áreas naturales protegidas en Argentina: un análisis territorial de las políticas de valorización turística. *Revista Reflexiones*, 103(1), 1-24. <https://doi.org/10.15517/rr.v103i1.52319>
- Sharpe, L. M., Harwell, M., y Jackson, C. (2021). Criterios integrados de priorización de las partes interesadas para la gestión ambiental. *Revista de Gestión Ambiental*, 282, 111719. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111719>
- Severiche, C., Bedoya, E., Meza, M., y Sierra, D. (2017). Gestión para la Sostenibilidad Ambiental, Sociocultural y Económica en el Sector Hotelero: *Revisión de la Literatura*. *Telos*, 19 (3), 475-495. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/993/99376446005.pdf> Consulta:21/08/24
- Soto, J. G., Ibarra, J. P., y Delgado, Z. Z. (2022). Estado de la innovación sostenible en empresas hoteleras de El Fuerte Sinaloa. *Ra Ximhai*, 18(3), 125-144. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8529205> Consulta:21/08/10
- Torres, Y., Pelegrino, G. y Colás, L. (2020). Diagnóstico de la gestión ambiental en el hotel Caballeriza perteneciente al complejo de hoteles en Holguín. *Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación*, 2(14), 1-18. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/rilcoDS/14/gestion-ambiental-hotel.html> Consultado: 21/08/24



CARACTERIZACIÓN DE ACTUADORES EN ORTESIS ACTIVA DE RODILLA APLICADA EN REHABILITACIÓN ISOCINÉTICA

Aldo Rafael Sartorius Castellanos¹, José de Jesús Moreno Vázquez²,
Sonia Martínez Guzmán³, Guadalupe Jiménez Oyosa⁴

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 03/09/2024 Aceptado: 18/09/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a7>

Resumen. - En México, la discapacidad relacionada con los problemas de movilidad y específicamente a caminar afecta a una gran parte de la población, especialmente a adultos mayores y adultos, debido principalmente a lesiones en las rodillas causadas por diversos factores como accidentes, actividades deportivas o enfermedades crónicas degenerativas como la osteoartritis. La rehabilitación post-lesión o después de una cirugía de rodilla, es crucial para recuperar la movilidad y fuerza muscular. La dinamometría isocinética es un enfoque común en la rehabilitación en general y específicamente de miembros inferiores. Consiste en mantener una velocidad constante durante la flexión o extensión de la rodilla, y compensar el torque producido por el paciente durante todo el rango del movimiento. El torque producido por los músculos del paciente, depende de factores como la edad y el sexo, y varía significativamente entre deportistas, personas no entrenadas y pacientes mayores. Así mismo, dicho torque depende de manera muy significativa de la velocidad requerida durante la extensión o la flexión de la rodilla. Esta investigación tiene como objetivo determinar los torques máximos a diferentes velocidades, considerando el sexo y el percentil de la población, para dimensionar adecuadamente los actuadores necesarios en equipos portátiles de rehabilitación isocinética.

Palabras Clave: Actuadores, Discapacidad, Isocinética, Ortesis, Rehabilitación.

CHARACTERIZATION OF ACTUATORS IN KNEE ACTIVE ORTHOSIS FOR ISOKINETIC REHABILITATION

Abstract. - In Mexico, mobility-related disabilities, particularly those involving walking, affect a large portion of the population, especially older adults and adults. This is mainly due to knee injuries caused by various factors such as accidents, sports activities, or chronic degenerative diseases like osteoarthritis. Post-injury or post-knee surgery rehabilitation is crucial for regaining mobility and muscle strength. Isokinetic dynamometry is a common approach in rehabilitation, particularly for the lower limbs. It involves maintaining a constant speed during knee flexion or extension while compensating for the torque produced by the patient throughout the range of motion. The torque generated by the patient's muscles depends on factors such as age and sex and varies significantly between athletes, untrained individuals, and older patients. Moreover, this torque is highly dependent on the required speed during knee extension or flexion. This research aims to determine the maximum torques at different speeds, considering sex and population percentiles, in order to appropriately size the actuators required in portable isokinetic rehabilitation equipment.

Keywords: Actuators, Disability, Isokinetic, Orthosis, Rehabilitation.

Introducción

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 [1], 6 millones 179 mil personas en México presentan algún tipo de discapacidad, siendo la relacionada con los problemas de movilidad y para caminar la más alta, ya que afecta al 58.3% de esta población. Este tipo de discapacidad se presenta principalmente en adultos mayores (59%) y adultos (30.6%), y en menor proporción en jóvenes (5.7%) y niños (4.6%).

¹ Profesor de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Minatitlán. Perfil Deseable Prodep Vigente. <https://orcid.org/0000-0002-8217-5909> aldo.sc@minatitlan.tecnm.mx (**Autor correspondiente**).

² Profesor de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Minatitlán. Perfil Deseable Prodep Vigente. <https://orcid.org/0000-0002-2292-4074> jose.mv@minatitlan.tecnm.mx

³ Profesor de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Minatitlán. <https://orcid.org/0009-0004-2136-4599> sonia.mg@minatitlan.tecnm.mx

⁴ Profesor de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Minatitlán. <https://orcid.org/0009-0007-3728-400X> guadalupe.jo@minatitlan.tecnm.mx

Los problemas asociados a las rodillas son una de las principales causas de incapacidad, ya que las lesiones pueden ser causadas por muchos factores, como la práctica deportiva [2], caídas, accidentes laborales y accidentes automovilísticos, dañándose principalmente los ligamentos cruzados anterior (LCA) y posterior (LCP) [3]. Además, las rodillas de ven afectadas por enfermedades crónico degenerativas como la osteoartritis [4], [5], la cual es resultado de la interacción de múltiples factores de riesgo como son la edad, el sexo y la obesidad.

Como paso posterior a una lesión o una intervención quirúrgica de rodilla se requiere un proceso de rehabilitación, el cual permita al paciente recuperar la movilidad y la fuerza muscular. En la actualidad existen diversos enfoques de rehabilitación y uno de los más utilizados es la dinamometría isocinética [6], la cual requiere mantener una velocidad constante durante la flexión o extensión de la rodilla y proporcionar un torque variable que se adapta en todo el rango de movimiento a la fuerza máxima que el paciente puede ejercer.

El propósito de esta investigación es conocer los torques máximos a distintas velocidades tomando en cuenta el sexo y el percentil de las personas con el objetivo de dimensionar los actuadores necesarios para equipos portátiles de rehabilitación isocinética.

Marco teórico

El torque producido por los músculos depende de múltiples factores como la edad, el sexo y si existen o no lesiones en los músculos. Por ejemplo, en pruebas realizadas en deportistas a velocidades de 60°/s, se han alcanzado picos de 281 Nm en hombres y 180 Nm en mujeres [7], [8], [9], mientras que en voluntarios no entrenados a velocidades de 54°/s, el torque máximo es 206 Nm en hombres y 123 Nm en mujeres [10]. En cambio, en pacientes mayores después de tres meses de una intervención de artroplastia de rodilla, los picos máximos son de entre 55 a 70 Nm a velocidades de 60°/s.

La velocidad de las pruebas es otro factor determinante en los torques producidos; Klopfer y Greij [11] determinaron que el torque producido por los cuádriceps, disminuye conforme la velocidad se incrementa y es compensado con un aumento en el torque de los tendones. En pruebas con personas sanas, sin entrenamiento específico y usando velocidades altas de 450°/s, se alcanzaron torques máximos de 90 Nm en hombres y 46 Nm en mujeres.

De manera general podemos clasificar a los equipos isocinéticos en dos grandes rublos: fijos y portátiles. Los equipos fijos tienen como su principal característica la versatilidad, ya que se utilizan para verificar el estiramiento, la potencia y la resistencia muscular en muchas áreas relacionadas a la salud, tales como fisioterapia, rehabilitación y entrenamiento muscular [12].

Este tipo de dispositivo permiten realizar estudios de tobillo, rodilla, cadera, hombro, codo y manos, tanto en movimientos concéntricos (ocurre cuando el musculo se acorta) como excéntricos (cuando el musculo se alarga). Las velocidades que pueden especificarse en la mayoría de estos equipos están en el rango de 60 a 240°/s, sin embargo, algunos equipos soportan velocidades de hasta 500°/s para la contracción concéntrica. El torque que pueden generar estos equipos es bastante alto, con valores pico de hasta 680 N/m en movimientos concéntricos y 544 N/m en movimientos excéntricos [13].

Los equipos fijos han sido validados y analizados en numerosos estudios, como los mostrados en [14], [15], [16], son un estándar en el área de rehabilitación y son capaces de medir y generar torques y velocidades superiores a los generados por pacientes sanos entrenados, por lo que sirven para propósitos tanto de verificación de deportistas como para rehabilitación, aunque son equipos muy costosos para la mayoría de las instituciones públicas y privadas de salud.

Los equipos portátiles en cambio, se desarrollan normalmente para una región específica del cuerpo, por lo cual su versatilidad es menor; para el caso de la rehabilitación de rodilla existen alternativas portátiles o semi-portátiles que permiten realizar rehabilitaciones de tipo isocinéticas. La mayoría de estos equipos se encuentran en fase experimental o de validación de datos, enfocándose a la implementación de sistemas de control en ortesis activas [17] [18], los modelos dinámicos de estos equipos [14] [15], así como los equipos de retroalimentación basados en la adquisición de señales electromiografías [16] [17].

Estos equipos utilizan distintas tecnologías para poder mover y controlar la posición de la ortesis, en su mayoría utilizan actuadores eléctricos [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], que les permiten controlar con mayor precisión la posición, velocidad y torque de estos equipos, sin embargo también se reportan equipos con actuadores hidráulicos [26], [27],

neumáticos [28], [29] y fluidos electro reológicos [30], que les permiten alcanzar torque más elevados, aunque el control de velocidad y posición conlleva mayores retos.

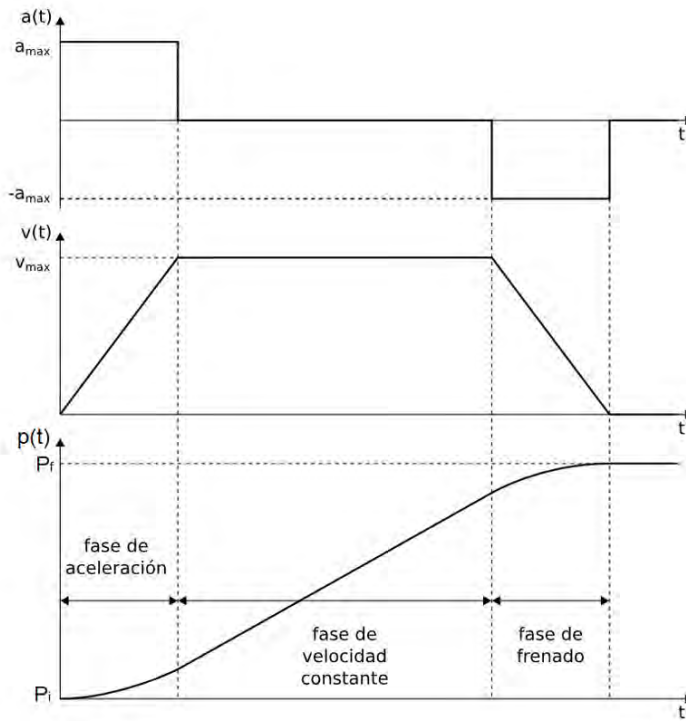
Materiales y métodos

a) Perfil de velocidad trapezoidal en rehabilitación isocinética

El movimiento en la rehabilitación isocinética debe ser suave y mantener una velocidad constante, lo que hace el perfil de velocidad trapezoidal la forma más utilizada para generar este movimiento.

En un perfil de velocidad trapezoidal, la velocidad del movimiento se aumenta gradualmente hasta alcanzar un valor máximo constante, luego se mantiene constante durante un período de tiempo y finalmente se reduce gradualmente hasta detenerse [31][32], tal como se muestra en la figura 1. Esto proporciona un posicionamiento suave al inicio y final de la trayectoria y mantiene la velocidad constante durante el recorrido.

Figura 1. Trayectoria con perfil de velocidad trapezoidal.



Nota. Elaboración propia.

b) Modelo matemático

El modelo dinámico de la pierna, tomando como despreciable el peso de la ortesis, de acuerdo a las ecuaciones de movimiento de Euler-Lagrange puede ser descrito por [33], [34]:

$$M(\theta)\ddot{\theta} + V(\theta)\dot{\theta} + g(\theta) = \tau \quad (1)$$

Donde M es la matriz de inercia simétrica definida positiva, V es la matriz de fuerzas centrípetas y de coriolis, g es el vector de torques gravitacionales y τ representa el vector de torques que deberán ser aplicados al conjunto pierna-ortesis.

Las variables utilizadas en el modelo matemático están definidas en la Tabla 1. Y los componentes de la matriz M están definidos por:

$$\begin{aligned} m_{11} &= m_1 \bar{l}_1^2 + I_1 + m_2 \bar{l}_1^2 + m_2 \bar{l}_2^2 - 2m_2 \bar{l}_1 \bar{l}_2 \sin(\theta_2) + I_2 \\ m_{12} &= m_2 \bar{l}_2^2 - m_2 \bar{l}_1 \bar{l}_2 \sin(\theta_2) + I_2 \end{aligned}$$

$$m_{21} = m_2 \bar{l}_2^2 - m_2 l_1 \bar{l}_2 \sin(\theta_2) + I_2$$

$$m_{22} = m_2 \bar{l}_2^2 + I_2$$

$$v_{11} = -2m_2 l_1 \bar{l}_2 \cos(\theta_2) \dot{\theta}_2$$

$$v_{12} = -m_2 l_1 \bar{l}_2 \cos(\theta_2) \dot{\theta}_2$$

$$v_{21} = -m_2 l_1 \bar{l}_2 \cos(\theta_2) \dot{\theta}_2 + m_2 l_1 \bar{l}_2 \cos(\theta_2) \dot{\theta}_1$$

$$v_{22} = m_2 l_1 \bar{l}_2 \cos(\theta_2) \dot{\theta}_1$$

$$g_1 = m_1 g \bar{l}_1 \sin(\theta_1) + m_2 g l_1 \sin(\theta_1) + m_2 g \bar{l}_2 \cos(\theta_1 + \theta_2)$$

$$g_2 = m_2 g \bar{l}_2 \cos(\theta_1 + \theta_2)$$

Tabla 1. Parámetros del modelo dinámico

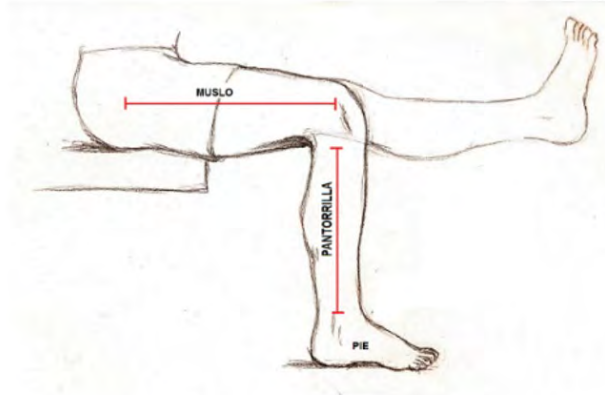
Parámetros	Notación	Unidades
Longitud de la pantorrilla	l_1	m
Centro de masa de la pantorrilla	$\bar{l}_1$	m
Momento de inercia de la pantorrilla	I_1	kg m ²
Masa de la pantorrilla	m_1	kg
Longitud del pie	l_2	m
Centro de masa del pie	$\bar{l}_2$	m
Momento de inercia del pie	I_2	kg m ²
Masa del pie	m_2	kg
Constante de aceleración	g	m/seg ²

Nota. Elaboración propia con base a los modelos presentados en [33] y [34].

c) Tipos de pacientes y datos

Las ortesis activas de rodilla, deben de poder mover la pantorrilla y el pie del paciente estando sentado, al tener movimientos concéntricos (ocurre cuando los músculos del muslo se acortan para bajar la pantorrilla) o excéntricos (ocurre cuando los músculos del muslo se alargan para subir la pantorrilla), ver Figura 2. En ambos casos el actuador debe poder compensar la fuerza generada por el muslo más las fuerzas gravitacionales e inerciales generadas por el peso de la pantorrilla y el pie.

Figura 2. Posición del paciente con la pantorrilla y el pie en movimiento concéntrico y excéntrico.



Nota. Elaboración propia.

Los percentiles son una medida estadística utilizada en medicina para comparar y entender la distribución de un conjunto de datos, como la estatura, el peso, o el desarrollo de un grupo de pacientes en relación con una población más amplia. En esta investigación se utilizan los datos de hombre y mujeres en percentiles altos (95%) y bajos (5%) para determinar los rangos máximos y mínimos requeridos por los actuadores en una ortesis activa de rodilla. Estos datos son mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Longitudes y masa de la pierna en hombres y mujeres de acuerdo a percentiles

	Hombres percentil 5%	Hombres percentil 50%	Hombres percentil 95%	Mujeres percentil 5%	Mujeres percentil 50%	Mujeres percentil 95%
Longitud muslo (m)	0.558	0.605	0.660	0.531	0.578	0.628
Longitud pantorrilla (m)	0.506	0.553	0.599	0.461	0.502	0.546
Masa del muslo (Kg)	6.96	8.45	10.13	6.22	7.53	9.11
Masa de la pantorrilla (Kg)	2.84	3.45	4.14	2.24	2.71	3.28
Masa del pie (Kg)	0.85	1.03	1.23	0.71	0.86	1.04

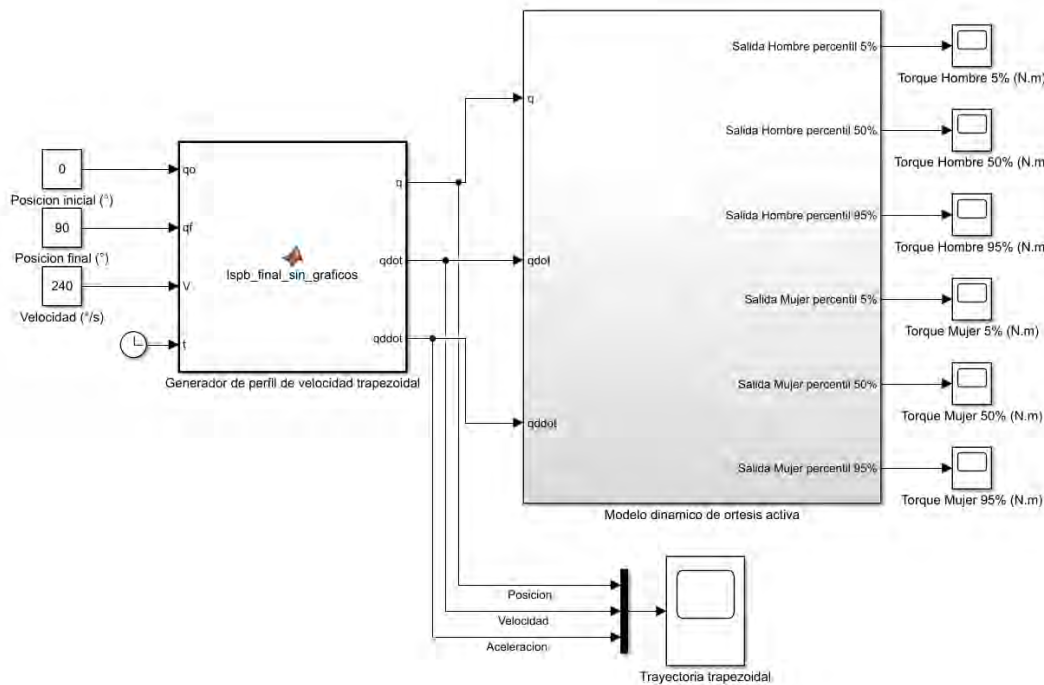
Nota: Elaboración propia con datos de [35].

d) Simulaciones

Para realizar las simulaciones se utilizó el software Matlab-Simulink, especificando el recorrido más largo en grados, de 0-90° en extensión y de 90-0° en flexión. La velocidad máxima del movimiento se considera en el rango de 60-240°/s, para propósitos de rehabilitación, considerando que, a mayores velocidades, la fuerza que puede ejercer el paciente disminuye.

El modelo requiere un generador de perfil trapezoidal y el modelo dinámico de la ortesis activa utilizada en los distintos percentiles tanto de hombre como mujer, tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Modelo de simulación del sistema de ortesis activa para hombres y mujeres en diferentes percentiles.



Nota. Elaboración propia usando el software Simulink.

Resultados

La Figura 4, muestra los torques que se pueden generar en los diferentes percentiles tanto para hombres y mujeres cuando se efectúa una extensión de la pantorrilla a baja velocidad. Este torque generado por el paciente, deberá ser compensado por el actuador de la ortesis para mantener la velocidad constante. Se observa que, en el caso de la extensión a baja velocidad, los torques se incrementan durante el recorrido, por lo que los torques máximos se presentan en la parte final del movimiento.

En el caso de la flexión a baja velocidad, los torques tienden a decrecer durante el recorrido, por lo que los torques máximos se presentan al inicio del movimiento, tal como se muestra en la Figura 5. En ambos casos, tanto en la flexión

como la extensión, se llegan a valores máximos y mínimos de torque iguales, solo que se presentan en diferentes partes del movimiento de la pierna.

Figura 4. Torques por percentil en una trayectoria de extensión de pantorrilla de 0° a 90° a baja velocidad ($60^\circ/\text{s}$).

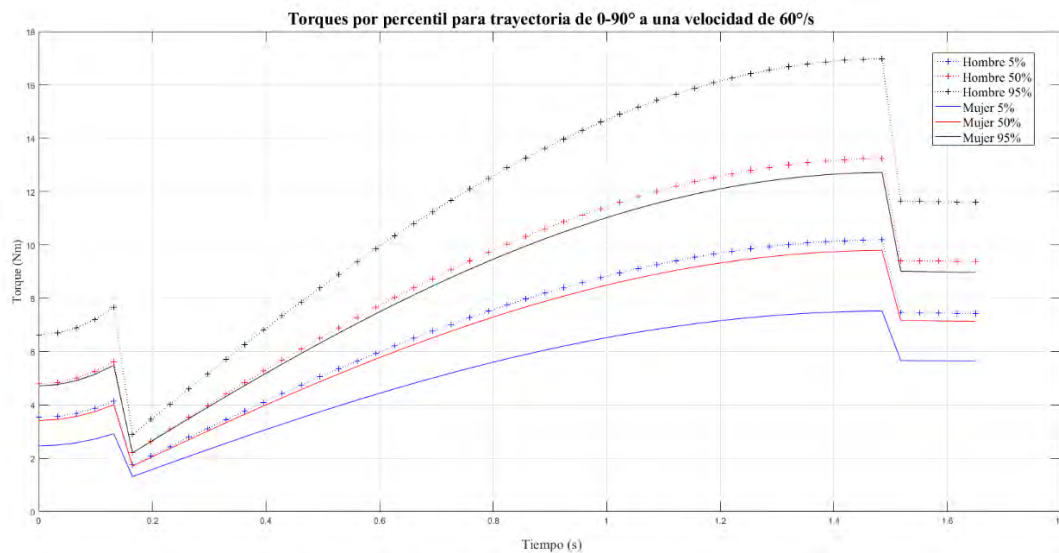
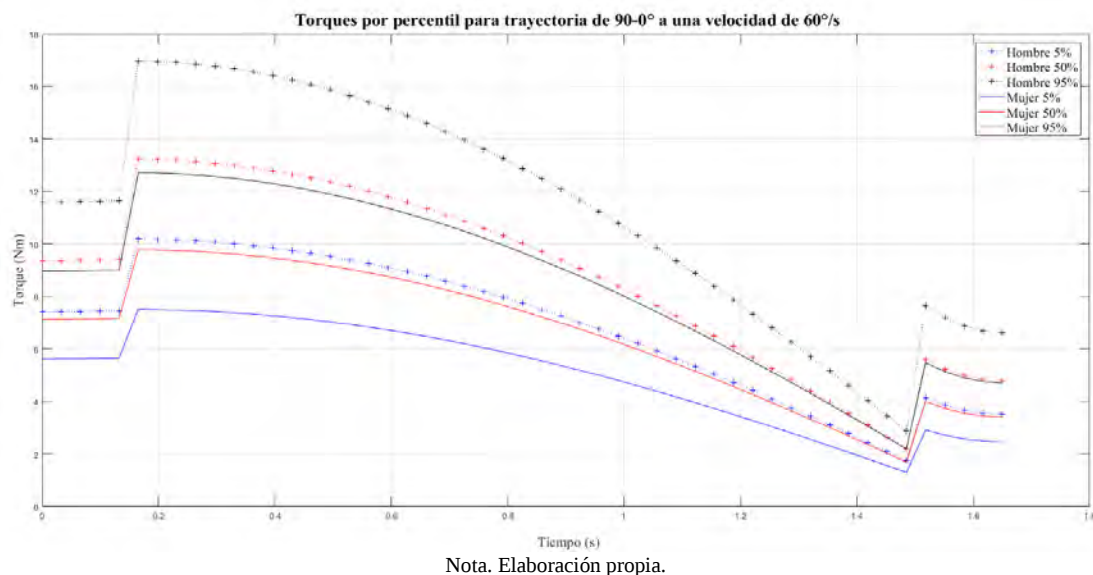


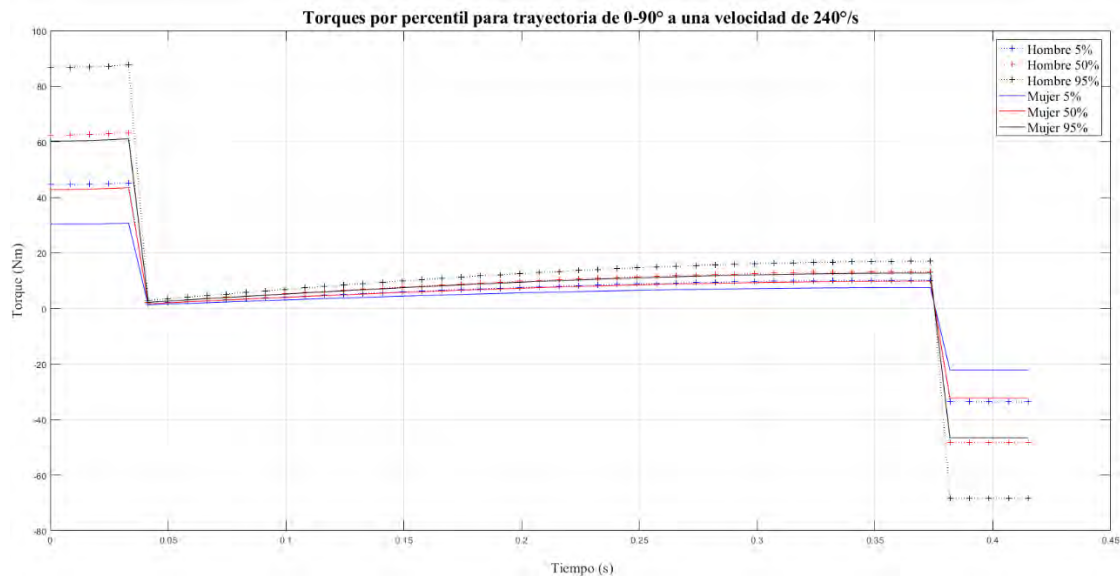
Figura 5. Torques por percentil en una trayectoria de flexión de pantorrilla de 90° a 0° a baja velocidad ($60^\circ/\text{s}$).



El comportamiento dinámico cambia cuando se realizan flexiones o extensiones a velocidades más altas. La Figura 6, muestra los torques que se pueden generar en los diferentes percentiles tanto para hombres y mujeres cuando se efectúa una extensión de la pantorrilla a alta velocidad. Se observa que, en el caso de la extensión a alta velocidad, los torques se mantienen en valores pequeños durante casi todo el recorrido. Sin embargo, los torques máximos alcanzan valores muy altos en cortos periodos de tiempo y además se presentan al inicio y al final del movimiento.

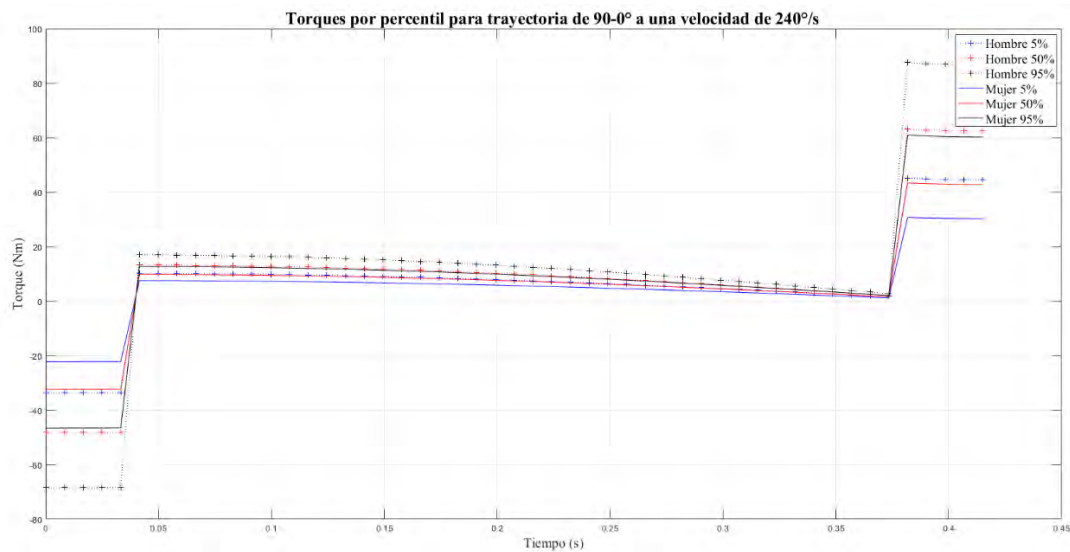
Este mismo comportamiento sucede en el caso de la flexión a alta velocidad, tal como se muestra en la Figura 7. Otro efecto que se da en los movimientos a altas velocidades, es que durante la flexión se presenta un ligero incremento en los torques máximos respecto al movimiento de flexión. En las tablas 3 y 4 se resumen los datos más importantes de las simulaciones de flexión y extensión para cada uno de los percentiles.

Figura 6. Torques por percentil en una trayectoria de extensión de pantorrilla de 0° a 90° a alta velocidad (240°/s).



Nota. Elaboración propia.

Figura 7. Torques por percentil en una trayectoria de flexión de pantorrilla de 90° a 0° a alta velocidad (240°/s).



Nota. Elaboración propia.

Tabla 3. Datos de simulación para el proceso de extensión de la pantorrilla.

Rango	Velocidad °/s	Aceleración °/seg ²	Sexo	Percentil				Tiempo recorrido (s)
				5% Torque min. (Nm)	5% Torque máx.(Nm)	95% Torque min. (Nm)	95% Torque máx.(Nm)	
0-90°	60	+400	H	1.745	10.190	2.879	16.95	1.65
0-90°	60	+400	M	1.309	7.519	2.199	12.72	1.65
0-90°	240	+6400	H	-33.600	44.930	-68.410	87.270	0.415
0-90°	240	+6400	M	-22.180	30.760	-46.550	61.040	0.415

Nota: Elaboración propia

Tabla 4. Datos de simulación para el proceso de flexión de la pantorrilla.

Rango	Velocidad °/s	Aceleración °/seg ²	Sexo	Percentil				Tiempo recorrido (s)
				5% Torque min. (Nm)	5% Torque máx.(Nm)	95% Torque min. (Nm)	95% Torque máx.(Nm)	
90-0°	60	+/-400	H	1.745	10.190	2.879	16.950	1.65 s
90-0°	60	+/-400	M	1.309	7.519	2.199	12.72	1.65 s
90-0°	240	+/-6400	H	-33.600	45.110	-68.41	87.57	0.415 s
90-0°	240	+/-6400	M	-22.180	30.690	-46.550	60.93	0.415 s

Nota: Elaboración propia

Discusión

Los resultados de este estudio coinciden parcialmente con investigaciones previas en cuanto a los torques y velocidades requeridos para terapias de rehabilitación con ortesis activas. De acuerdo con [9], [16] y [18], la capacidad de torque de 90 Nm y velocidades angulares de hasta 240°/s es coherente con las necesidades de pacientes de diferentes percentiles y sexos, particularmente en terapias de alta velocidad. Sin embargo, este estudio identifica una diferencia clave: la similitud de torques entre hombres del percentil 50% y mujeres del percentil 95%, lo que podría permitir el uso de actuadores más pequeños en ciertas poblaciones, como en pacientes de América Latina o Asia, donde los hombres tienen un percentil promedio menor. Esta observación no ha sido ampliamente discutida en estudios previos.

Por otro lado, los hallazgos relacionados con las terapias a bajas velocidades también coinciden en gran medida con trabajos anteriores [21], [25], que sugieren la viabilidad de actuadores más compactos para torques de hasta 17 Nm en velocidades angulares de 60°/s, tal como se observó en este estudio. Sin embargo, surge una controversia en torno al uso de estas ortesis en poblaciones con diferentes características antropométricas. Mientras que estudios como [24] y [30] proponen una mayor versatilidad en los actuadores para adaptarse a todos los pacientes, este trabajo permite la personalización basada en percentiles específicos, lo cual podría optimizar el diseño y reducir los costos, un enfoque que aún no ha sido ampliamente adoptado.

Conclusiones

Para lograr que la ortesis activa pueda compensar los torques máximos producidos por pacientes de cualquier percentil y sexo, así como trabajar a bajas y altas velocidades, los actuadores deberán generar torques de hasta 90 Nm con velocidad angular de 240°/s y aceleraciones máximas de 6400°/seg².

En terapias a velocidades altas, existe un aumento considerable en el torque máximo de acuerdo al percentil y sexo del paciente. Sin embargo, se observan torques máximos, mínimos y durante todo el recorrido muy similares en pacientes hombres con percentil 50% y mujeres con percentil 95%, así como hombres con percentil 5% y mujeres con percentil 50% (ver Figuras 6 y 7). En países latinoamericanos o asiáticos, donde el percentil de hombres en promedio es del 50% se podrían utilizar actuadores más pequeños, con capacidad de generar torques de hasta 64 Nm con velocidad angular de 240°/s y aceleraciones máximas de 6400°/seg².

Si la ortesis activa se requiere utilizar en cualquier percentil y sexo, pero solo para terapias a velocidades lentas (hasta 60°/s), que son las más comunes en pacientes en recuperación postcirugía, se pueden utilizar actuadores de menor capacidad. Estos actuadores deberán generar torques de alrededor de 17 Nm con velocidad angular de 60°/s y aceleraciones máximas de 400°/seg².

En las terapias a velocidades lentas, también se observan torques máximos, mínimos y durante todo el recorrido muy similares en pacientes hombres con percentil 50% y mujeres con percentil 95%, así como hombres con percentil 5% y mujeres con percentil 50% (ver Figuras 4 y 5). Por lo que, en pacientes latinoamericanos o asiáticos, se podrían utilizar actuadores más pequeños, con capacidad de generar torques de hasta 14 Nm con velocidad angular de 60°/s y aceleraciones máximas de 400°/seg².

Referencias bibliográficas

- [1] INEGI «Censo de Población y Vivienda 2020». Accedido: 22 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados>
- [2] K. E. DeHaven y D. M. Lintner, «Athletic injuries: Comparison by age, sport, and gender», *Am. J. Sports Med.*, vol. 14, n.º 3, pp. 218-224, may 1986, doi: 10.1177/036354658601400307.
- [3] Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), «Manejo de las lesiones ligamentarias traumáticas en rodilla», 2010. Accedido: 22 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: http://coescamedcolima.mx/guias/Guias_archivos_pdf/IMSS-388-10-ER.pdf
- [4] A. P. Vertti *et al.*, «Factores de riesgo en osteoartritis de rodilla en una población mexicana de casos y controles», *Rev. Cuba. Ortop. Traumatol.*, vol. 27, n.º 1, pp. 22-32, jun. 2013. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-215X2013000100003
- [5] A. Mayo Astudillo, «Osteoartritis de rodilla y su frecuencia con discapacidad laboral evaluación por escala MSH1», 2010, [En línea]. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32322/1/mayo%20astudillo.pdf>
- [6] A. Slocker De Arce, J. Carrascosa Sánchez, F. J. Fernández Camacho, C. Clemente De Arriba, y L. Gómez Pellico, «Análisis isocinético de la flexo-extensión de la rodilla y su relación con la antropometría del miembro inferior», *Rehabilitación*, pp. 86-92, doi: 10.1016/S0048-7120(02)73247-7.
- [7] R. Nisell, «Mechanics of the Knee», *Acta Orthop. Scand.*, vol. 56, n.º sup216, pp. 1-42, ene. 1985, doi: 10.3109/17453678509154159.
- [8] M. D. S. Andrade, C. A. B. De Lira, F. D. C. Koffes, N. C. Mascarín, A. A. Benedito-Silva, y A. C. Da Silva, «Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: the influence of sport modality, gender, and angular velocity», *J. Sports Sci.*, vol. 30, n.º 6, pp. 547-553, 2012, doi: 10.1080/02640414.2011.644249.
- [9] S. Almosnino, J. M. Stevenson, D. D. Bardana, E. D. Diaconescu, y Z. Dvir, «Reproducibility of isokinetic knee eccentric and concentric strength indices in asymptomatic young adults», *Phys. Ther. Sport Off. J. Assoc. Chart. Physiother. Sports Med.*, vol. 13, n.º 3, pp. 156-162, ago. 2012, doi: 10.1016/j.ptsp.2011.09.002.
- [10] M. G. Parker, «Calculation of Isokinetic Rehabilitation Velocities for the Knee Extensors», *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, vol. 4, n.º 1, pp. 32-35, jul. 1982, doi: 10.2519/jospt.1982.4.1.32.
- [11] D. A. Klopfer y S. D. Greij, «Examining quadriceps/hamstrings performance at high velocity isokinetics in untrained subjects», *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, vol. 10, n.º 1, pp. 18-22, 1988, doi: 10.2519/jospt.1988.10.1.18.
- [12] M. G. Bembien *et al.*, «Assessment of Technical Accuracy of the Cybex II® Isokinetic Dynamometer and Analog Recording System», *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, vol. 10, n.º 1, pp. 12-17, jul. 1988, doi: 10.2519/jospt.1988.10.1.12.
- [13] «System 4 Pro™ - Dynamometers - Physical Medicine | Biodex». Accedido: 22 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.biodex.com/physical-medicine/products/dynamometers/system-4-pro>
- [14] J. Breno de Araújo Ribeiro Alvares *et al.*, *Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests*, vol. 16. 2014. doi: 10.1016/j.ptsp.2014.04.004.
- [15] K. L. N. English, «Comparison of Knee and Ankle Dynamometry between NASA's X1 Exoskeleton and Biodex System 4», 1 de mayo de 2014. [En línea]. Disponible en: <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20140003281>
- [16] B. Stark, P. Emanuelsson, U. Gunnarsson, y K. Strigård, «Validation of Biodex system 4 for measuring the strength of muscles in patients with rectus diastasis», *J. Plast. Surg. Hand Surg.*, vol. 46, n.º 2, pp. 102-105, abr. 2012, doi: 10.3109/2000656X.2011.644707.
- [17] H. Rifai, S. Mohammed, K. Djouani, y Y. Amirat, «Toward Lower Limbs Functional Rehabilitation Through a Knee-Joint Exoskeleton», *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, vol. 25, n.º 2, pp. 712-719, mar. 2017, doi: 10.1109/TCST.2016.2565385.
- [18] S. Mefoued, S. Mohammed, y Y. Amirat, «Knee joint movement assistance through robust control of an actuated orthosis», en *2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, sep. 2011, pp. 1749-1754. doi: 10.1109/IROS.2011.6094893.
- [19] T. Bacek, M. Moltedo, K. Langlois, C. Rodriguez-Guerrero, B. Vanderborght, y D. Lefeber, «A novel modular compliant knee joint actuator for use in assistive and rehabilitation orthoses», en *2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, sep. 2017, pp. 5812-5817. doi: 10.1109/IROS.2017.8206472.
- [20] Cestari M., Sanz-Merodio D., Garcia E, «A New and Versatile Adjustable Rigidity Actuator with Add-on Locking Mechanism (ARES-XL) », *Actuators*, vol. 7, n.º 1, 2018. doi: 10.3390/act7010001.
- [21] H. Zhu, C. Nesler, N. Divekar, M. T. Ahmad, y R. D. Gregg, «Design and Validation of a Partial-Assist Knee Orthosis with Compact, Backdrivable Actuation», en *2019 IEEE 16th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, jun. 2019, pp. 917-924. doi: 10.1109/ICORR.2019.8779479.

- [22] D.-H. Moon, D. Kim, y Y.-D. Hong, «Development of a Single Leg Knee Exoskeleton and Sensing Knee Center of Rotation Change for Intention Detection», *Sensors*, vol. 19, n.º 18, Art. n.º 18, ene. 2019, doi: 10.3390/s19183960.
- [23] A.M. Khomami y F. Najafi «A survey on soft lower limb cable-driven wearable robots without rigid links and joints» *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 144, 2021, doi: 10.1016/j.robot.2021.103846.
- [24] Kim, Hyung Joo, Jaeho Noh, y Woosung Yang. 2020. "Knee-Assistive Robotic Exoskeleton (KARE-1) Using a Conditionally Singular Mechanism for Industrial Field Applications" *Applied Sciences* 10, no. 15: 5141. <https://doi.org/10.3390/app10155141>
- [25] P. T Chinimilli *et al*, «Automatic virtual impedance adaptation of a knee exoskeleton for personalized walking assistance», *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 114, 2019, pp. 66-76. doi: doi.org/10.1016/j.robot.2019.01.013.
- [26] S. Chen *et al.*, «Adaptive Robust Cascade Force Control of 1-DOF Hydraulic Exoskeleton for Human Performance Augmentation», *IEEEASME Trans. Mechatron.*, oct. 2016, doi: 10.1109/TMECH.2016.2614987.
- [27] E. Rogers-Bradley, P. Polygerinos, S. Allen, F. Panizzolo, C. Walsh, y D. Holland, «A Quasi-Passive Knee Exoskeleton to Assist During Descent», en *Biosystems and Biorobotics*, vol. 16, 2017, pp. 63-67. doi: 10.1007/978-3-319-46532-6_11.
- [28] Ashmi. M. Mathias, M. Anila, y K. S. Sivanandan, «Comparison of SMC and PID Controllers for Pneumatically Powered Knee Orthosis», *J. Control Autom. Electr. Syst.*, vol. 32, jul. 2021, doi: 10.1007/s40313-021-00775-0.
- [29] C. N. Lescano Pastor, «Plataforma de desarrollo de órtesis robótica para rehabilitación de marcha: aplicación a un caso de estudio de Mielomeningocele». *Universidad Nacional de San Juan*, 2017. Accedido: 11 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/157970>
- [30] J.-S. Oh y S.-B. Choi, «State of the art of medical devices featuring smart electro-rheological and magneto-rheological fluids», *J. King Saud Univ. - Sci.*, may 2017, doi: 10.1016/j.jksus.2017.05.012.
- [31] M. Reyes-García *et al.*, «Defining the Final Angular Position of DC Motor shaft using a Trapezoidal Trajectory Profile», en *2019 IEEE 28th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, jun. 2019, pp. 1694-1699. doi: 10.1109/ISIE.2019.8781093.
- [32] S. Thirachai, P. Komeswarakul, U. Supakchukul, y J. Suwatthikul, «Trapezoidal velocity trajectory generator with speed override capability», en *ICCAS 2010*, oct. 2010, pp. 1468-1472. doi: 10.1109/ICCAS.2010.5670142.
- [33] M. W. Spong, S. Hutchinson, y M. Vidyasagar, *Robot Modeling and Control*. John Wiley & Sons, 2020.
- [34] M. W. Spong y M. Vidyasagar, *Robot Dynamics And Control*. Wiley India Pvt. Limited, 2008.
- [35] R. Huston, *Principles of Biomechanics*. Boca Raton: CRC Press, 2008. doi: 10.1201/9781420018400.



<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>
<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a7>

<https://www.facebook.com/avacient>

EL IMPACTO DE LA BECA JÓVENES ESCRIBIENDO EL FUTURO EN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES

Raúl Mejía Ramírez¹, Jaime Amador García²,
Miguel Ángel Santiago-Dávila³

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 17/05/2024 Aceptado: 19/09/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a8>

Resumen.- El propósito de este estudio es examinar el impacto de la beca Jóvenes Escribiendo el Futuro en el rendimiento académico (promedio de calificaciones) de los alumnos del Instituto Tecnológico de Pinotepa. Para ello, se solicitaron los Kardex de calificaciones de 187 alumnos que se encuentran legalmente inscritos en el instituto y que han sido beneficiados con el Programa de Becas, y se utilizaron estadísticos descriptivos del indicador medido (media, varianza, desviación, estándar, rango, etc.). Este estudio es de tipo cuantitativo y se utiliza la prueba t-student para muestras relacionadas para poder comprobar que efectivamente existe diferencia significativa entre el rendimiento de los alumnos antes de obtener la beca y al contar con la misma. Los resultados proporcionan una visión inicial de las diferencias significativas observadas y un impacto positivo de la Beca en el rendimiento académico de los estudiantes, debido a que dicho rendimiento de los estudiantes incrementa después de obtener dicha beca, sin embargo, cabe señalar que, estas no constituyen una evaluación exhaustiva del impacto de la política pública de becas en cuestión, ya que para obtener una evaluación completa, se necesitaría implementar un diseño de investigación más rigurosa que controle otros factores que podrían estar influyendo en los resultados.

Palabras Clave: Beca de estudios, Rendimiento escolar, Estadísticas educacionales.

THE IMPACT OF THE YOUNG PEOPLE WRITING THE FUTURE SCHOLARSHIP ON THE ACADEMIC PERFORMANCE OF STUDENTS

Abstract.- The purpose of this study is to examine the impact of the Young People Building the Future scholarship on the academic performance (grade point average) of students at the Pinotepa Technological Institute. To do this, the Kardex of grades of 187 students who are legally enrolled in the institute and who have benefited from the Scholarship Program were requested, and descriptive statistics of the measured indicator were used (mean, variance, deviation, standard, range, etc.). This study is quantitative and the t-student test for related samples is used to verify that there is indeed a significant difference between the performance of the students before obtaining the scholarship and when they have it. The results provide an initial view of the significant differences observed and a positive impact of the Scholarship on the academic performance of the students, because said student performance increases after obtaining said scholarship, however, it should be noted that these do not constitute an exhaustive evaluation of the impact of the public scholarship policy in question, since to obtain a complete evaluation, it would be necessary to implement a more rigorous research design that controls other factors that could be influencing the results.

Keywords: Study scholarship, School performance, Educational statistics.

Introducción

En México, el sistema de otorgamiento de becas en forma de efectivo se remonta a la década de 1940. Posteriormente, durante los primeros años del siglo XXI, uno de los requisitos principales para solicitar una beca era ser ciudadano mexicano, mantener un historial académico sin reprobaciones y estar matriculado en una institución educativa incluida en el programa de becas, entre otros criterios (Secretaría de Educación Pública, 13 de febrero de 2004).

(Gluz, 2007) indica que las becas tradicionalmente se consideraban como una recompensa para los estudiantes más destacados, y desde el inicio de la educación formal se otorgaban a alumnos pertenecientes a grupos económicos

¹ Profesor del Tecnológico Nacional de México Campus Costa Chica, del Centro Universitario del Pacífico Sur Campus Ometepec y de la Universidad Hipócrates, Acapulco. <https://orcid.org/0000-0002-9188-5590>. raul_mejia81@yahoo.com.mx. (**Autor correspondiente**).

² Profesor del Tecnológico Nacional de México Campus Pinotepa. <https://orcid.org/0009-0003-4185-4870>. j.amagar@hotmail.com

³ Profesor del Colegio de Bachilleres Plantel No. 9 de Ometepec, Gro. <https://orcid.org/0009-0002-9518-7535>. angeldavila520@gmail.com

desfavorecidos (p. 1069). Estas becas no solo servían como incentivo para los estudiantes dedicados, sino que también proporcionaban una oportunidad para que aquellos con recursos económicos limitados pudieran realizar estudios que de otro modo no podrían costear. Según Torres & Rodríguez (2006), el rendimiento escolar se define como el nivel de conocimiento demostrado en una materia específica en comparación con un estándar establecido (edad y nivel académico) (p. 256). Por lo tanto, tanto la situación socioeconómica como el desempeño académico han sido criterios fundamentales durante mucho tiempo para ser elegible para una beca.

En 1998, con la implementación del Programa de Educación, Salud y Alimentación (Progresá), se introdujo una nueva variable para la asignación de becas en los niveles de educación primaria y secundaria: el género. El objetivo principal del componente educativo de este programa era fomentar que los jóvenes continuaran estudiando hasta completar la educación básica, con el fin de evitar la deserción escolar prematura, que a menudo era causada por la necesidad de comenzar a trabajar a una edad temprana o de asumir responsabilidades domésticas, especialmente en el caso de las niñas (Gobierno de la República, 1998).

Hoy en día, en México, y particularmente en el estado de Oaxaca, existe un significativo número de jóvenes que finalizan su educación media superior, pero carecen de los recursos económicos necesarios para cubrir los gastos y proseguir con su formación en la educación superior.

Aguilar Nery (2019) indica que las becas están dirigidas a niños y jóvenes pertenecientes a familias beneficiarias, que estén matriculados en grados escolares desde tercero de primaria hasta el nivel medio superior (p. 55).

La política educativa actual se enfoca en promover y apoyar a los jóvenes que desean continuar su formación profesional y acceder a empleos bien remunerados, incentivándolos a buscar los recursos económicos necesarios para lograr este objetivo. Navarrete Vela (2012) destaca la importancia de renovar tanto el diseño como el funcionamiento tradicional de estos programas, para que también se ocupen de promover la permanencia y el éxito académico de los beneficiarios de las becas (p. 264).

Los estudios de Becker (1993) establecen que la educación es una inversión. La teoría del capital humano sugiere que las becas, al reducir el costo de la educación, pueden incrementar la inversión en el capital humano de los estudiantes.

Investigaciones recientes han mostrado que las becas tienen un impacto positivo en el rendimiento académico, en particular en estudiantes de bajos ingresos. Dynarski y Scott-Clayton (2006) destacan que las becas pueden aumentar las tasas de graduación y mejorar las calificaciones. El estrés financiero es un factor que puede afectar negativamente el rendimiento escolar. Estudios como el de Murray y Westrick (2018) sugieren que las becas pueden reducir este estrés, permitiendo a los estudiantes concentrarse mejor en sus estudios.

Diversos estudios han utilizado datos empíricos para demostrar el efecto positivo de las becas en el rendimiento escolar. Por ejemplo, el trabajo de Heller (2001) muestra que el apoyo financiero es un predictor importante de la permanencia y éxito académico. La efectividad de las becas puede variar según el contexto socioeconómico y cultural. Solís y Zárate (2016) analizan cómo las becas impactan a diferentes grupos demográficos y en diversas instituciones educativas.

Por su parte, la beca Jóvenes Escribiendo el Futuro se presenta como la opción ideal para satisfacer las necesidades básicas de este grupo demográfico. En la actualidad, las escuelas normales son una prioridad en la política educativa federal. Durante el ciclo escolar 2019-2020, de los 255 estudiantes que conformaban la población estudiantil de la Escuela Normal Urbana Federal Prof. Rafael Ramírez, el 95 % (242 estudiantes) recibieron este beneficio. El propósito de esta beca era asistirles en la cobertura de sus necesidades básicas, incluyendo alimentación, alojamiento, vestimenta, y materiales bibliográficos y didácticos. El 5 % restante (13 estudiantes) no obtuvo este respaldo por no cumplir con los criterios establecidos en la convocatoria, como el requisito de edad, entre otros (Coordinación Nacional de Becas para el Bienestar Benito Juárez, 2020).

Con base en lo anterior, esta tesis plantea la siguiente pregunta de investigación, ¿Existe diferencia entre el rendimiento académico (promedio de calificaciones) entre dos grupos de estudiantes: aquellos que cuentan con la beca del programa Jóvenes Escribiendo el Futuro y aquellos que no cuentan con dicho apoyo, en el Instituto Tecnológico de Pinotepa?, por cual el objetivo principal de esta investigación es analizar las diferencias que existen en el rendimiento académico (promedio de calificaciones) entre dos grupos de estudiantes: aquellos que cuentan con la beca del programa Jóvenes Escribiendo el Futuro y aquellos que no cuentan con dicho apoyo, en el Instituto Tecnológico de Pinotepa, y una vez

revisando la literatura se plantea la hipótesis principal: El hecho de que los alumnos del Instituto Tecnológico de Pinotepa cuenten con una beca “Jóvenes Escribiendo el Futuro” marca una diferencia significativa en el rendimiento académico de los alumnos debido a que incrementa su rendimiento académico durante el semestre cursado.

Marco teórico

El rendimiento académico implica evaluar el conocimiento adquirido sobre un tema particular, y puede variar en múltiples aspectos. Se fundamenta en el aprendizaje, determinando si este fue significativo o no. Según García Gajardo & Fonseca Grandón (2015), el uso de un enfoque centrado en el aprendizaje es sumamente gratificante, ya que tiene una incidencia directa en el rendimiento académico del estudiante.

El rendimiento académico (RA) representa una dimensión crucial en el proceso educativo de las instituciones, como mencionan (Nájera Saucedo, 2020). Sin embargo, en la actualidad, el bajo rendimiento académico en los primeros semestres de las diferentes carreras ofrecidas en el Instituto Tecnológico de Pinotepa, se está convirtiendo en un desafío significativo. Dado que esta institución desempeña un papel fundamental en la educación superior en el municipio de Pinotepa Nacional Oaxaca, es de suma importancia abordar el impacto que tiene la beca “Jóvenes Escribiendo el Futuro” en el desempeño académico de los estudiantes de dicho instituto.

Tras examinar varias definiciones de rendimiento escolar, (García, 1991) llega a la conclusión de que existen dos perspectivas: una estática y otra dinámica, ambas relacionadas con el individuo en el contexto educativo como un ser social.

Por lo general, el rendimiento escolar se caracteriza de la siguiente manera:

- a) La dimensión dinámica del rendimiento escolar está vinculada al proceso de aprendizaje, dependiendo de la capacidad y esfuerzo del estudiante.
- b) Su aspecto estático se refiere al resultado del aprendizaje producido por el estudiante, reflejando un nivel de aprovechamiento.
- c) El rendimiento se asocia con estándares de calidad y valoraciones subjetivas.
- d) El rendimiento se considera un medio para alcanzar objetivos, no un fin en sí mismo.
- e) El rendimiento está relacionado con objetivos éticos que incluyen expectativas económicas, lo que requiere un tipo de desempeño acorde con el modelo social predominante.

Niveles de rendimiento académico

La Evaluación Pedagógica, mediante la valoración por criterios, ofrece una representación del rendimiento académico que puede interpretarse como un nivel de competencia o habilidad, manifestado en las tareas que el estudiante puede realizar con éxito. Estas tareas se consideran indicadores sólidos de la ejecución de procesos mentales o intelectuales cuyo alcance se evalúa.

La Pedagogía Conceptual propone las siguientes categorías para identificar los niveles de dominio: nivel elemental, que se refiere a la contextualización; nivel básico, que implica comprensión; y nivel avanzado, que denota dominio. El logro de los aprendizajes, tal como ha sido determinado y presentado en diversas investigaciones, está relacionado con:

- a) La capacidad cognitiva del estudiante, que incluye su inteligencia y aptitudes.
- b) La motivación que el estudiante tenga hacia el aprendizaje.
- c) El aspecto de la personalidad del estudiante.
- d) La habilidad para aplicar el conocimiento en la práctica.

La combinación de estos elementos facilitará la consecución de la categoría de dominio.

Cominetti (1997) afirma que los factores del rendimiento académico incluyen:

- a) Las expectativas

Las expectativas de la familia, los docentes y los propios estudiantes respecto a los logros en el aprendizaje son de particular interés, ya que revelan el efecto de una serie de prejuicios, actitudes y conductas que pueden ser beneficiosos o perjudiciales en el ámbito escolar y en sus resultados.

Los estudiantes tienden a tener un mejor rendimiento cuando los maestros expresan que el nivel de desempeño y comportamiento escolar del grupo es adecuado.

b) Inteligencia

La inteligencia humana no es una entidad fácilmente definible; más bien, es un concepto utilizado para estimar, explicar o evaluar ciertas diferencias conductuales entre individuos, como el éxito o fracaso académico, la forma en que se relacionan con los demás, sus metas de vida, el desarrollo de talentos, calificaciones escolares, resultados en pruebas cognitivas, entre otros aspectos. Aunque los expertos en el tema no han logrado un consenso claro sobre cómo definir exactamente el término "inteligencia".

c) Clima académico

Si las normas son flexibles y adaptables, suelen ser más aceptadas, lo que contribuye a la socialización, la autodeterminación y la asunción de responsabilidad por parte del estudiante. Esto, a su vez, fomenta la convivencia en el entorno universitario y, por consiguiente, el desarrollo de la personalidad. Por el contrario, cuando las normas son rígidas, pueden tener efectos negativos, como generar rebeldía, inconformidad o sentimientos de inferioridad, o incluso impulsar a la persona a actuar de manera opuesta a lo que verdaderamente desea expresar. Sin duda, este es el clima que debería prevalecer en las instituciones de educación superior, tanto públicas como privadas.

d) Habilidades sociales

Las relaciones entre iguales desempeñan un papel crucial no solo en el desarrollo cognitivo y social, sino también en la capacidad para funcionar eficazmente como adulto. El mejor predictor de la adaptación adulta no es el coeficiente intelectual (CI), las calificaciones escolares o el comportamiento en clase, sino la habilidad del individuo para relacionarse con los demás.

Las limitaciones en el desarrollo de las relaciones sociales pueden conllevar diversos riesgos, como problemas de salud mental, abandono escolar, bajo rendimiento y otras dificultades académicas, un historial laboral deficiente, entre otros. Dado la incidencia que tienen estas consecuencias a lo largo de la vida, las relaciones sociales deberían ser consideradas como la primera de las cuatro materias fundamentales en la educación, junto con la lectura, la escritura y la aritmética.

Por otro lado, según Garbanzo (2007), los factores del rendimiento académico "pueden ser de orden social, cognitivo y emocional, y se clasifican en tres categorías principales: determinantes personales, determinantes sociales y determinantes institucionales, los cuales presentan subcategorías o indicadores".

La figura 1 detalla los determinantes personales, los cuales "incluyen aquellos factores de índole personal, cuyas interrelaciones pueden surgir en función de variables subjetivas, sociales e institucionales" (Garbanzo, 2007). Muchas de estas variables requieren un manejo especializado para obtener la información necesaria que permita su estudio y cuantificación.

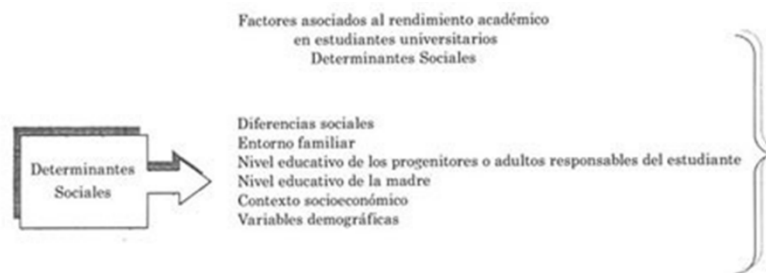
Figura 1. Determinantes personales. Factores asociados al rendimiento académico.



Nota: Encontrado en Garbanzo (2007).

La figura 2 muestra los determinantes sociales, los cuales "interactúan con la vida académica del estudiante, y cuyas interrelaciones pueden surgir entre sí y entre variables personales e institucionales" (Garbanzo, 2007: 53). Estas variables pueden ser analizadas mediante la recopilación de datos de fuente primaria, por lo que son accesibles para su estudio.

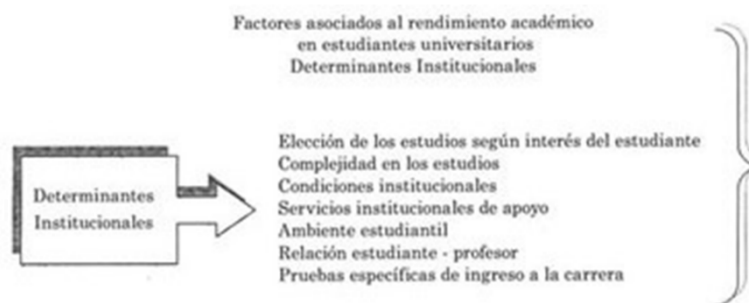
Figura 2. Determinantes sociales. Factores asociados al rendimiento académico.



Nota: Encontrado en Garbanzo (2007).

Los determinantes institucionales, según Garbanzo (2007: 56), "que influyen en el rendimiento académico del estudiante, pueden tener interacciones entre sí y con variables personales y sociales". Entre estos determinantes se encuentran los servicios institucionales de apoyo, donde las becas académicas de naturaleza económica desempeñan un papel fundamental en el apoyo al rendimiento académico de los estudiantes universitarios (ver figura 3).

Figura 3. Determinantes institucionales. Factores asociados al rendimiento académico



Nota: Encontrado en Garbanzo (2007).

En el marco teórico de Garbanzo (2007), esta investigación adopta los determinantes personales del rendimiento académico, como el sexo, la formación académica previa a la universidad y la calificación de acceso a la universidad, como parte de las subvariables de estudio integradas en la elaboración del cuestionario de encuesta. Además, los determinantes sociales, como el entorno social, el nivel educativo de los padres, el nivel educativo de la madre y el contexto social, también se consideran como subvariables en la encuesta. Por último, otras subvariables, como la elección de los estudios según el interés del estudiante y las pruebas específicas de ingreso a la carrera, se incorporan como determinantes institucionales y componentes de la variable de rendimiento académico.

El rendimiento académico se evalúa a través de las calificaciones obtenidas, que se valoran cuantitativamente. Estos resultados reflejan las asignaturas aprobadas o reprobadas, la tasa de abandono y el nivel de éxito académico (Vélez van Meerbeke, 2005).

En el sistema de educación superior del TecNM, las calificaciones y escalas de evaluación del aprendizaje se basan en un sistema de rangos de calificaciones que van desde 0 hasta 100 puntos. En este sistema, el puntaje obtenido se traduce en una categorización del logro del aprendizaje, que puede variar desde excelente hasta deficiente. Las denominaciones equivalentes se presentan en una valoración subjetiva que, en muchos casos, depende de la institución educativa.

En la escala de calificaciones por rangos se aprecia un nivel de exigencia más alto para evaluar el aprendizaje logrado. Esto se refleja en la categorización de un aprendizaje suficiente-excelente o de aprobación en un intervalo que va desde 51 hasta 100 puntos dentro de las calificaciones obtenidas. Esta práctica permite una mayor certeza de que se ha alcanzado el objetivo principal de la educación, que es el aprendizaje del estudiante.

La dimensión social en la educación superior emerge como uno de los componentes esenciales y determinantes en las políticas universitarias a escala global en este inicio del siglo XXI (Eurydice, 2011). Abordar esta dimensión social en el sistema universitario se vuelve crucial, especialmente para evitar que estudiantes talentosos y destacados se vean obligados a abandonar la educación superior debido a sus circunstancias socioeconómicas. Según lo mencionado por

Arino A. (2014) únicamente al aumentar las oportunidades de acceso a la universidad para un mayor número de individuos, se abrirán también oportunidades para el desarrollo del talento en una sociedad que se basa en la generación de conocimiento. (Berlanga, 2014) argumenta que la dimensión social de la educación superior representa el desafío más significativo para la cooperación europea, ya que se requiere una equidad participativa en el ámbito de la educación superior, lo cual implica la provisión de los recursos y servicios necesarios.

El término "equidad participativa" se refiere a la evaluación de hasta qué punto el grupo de estudiantes inscritos que participa y finaliza sus estudios universitarios refleja la diversidad socioeconómica y cultural de nuestras comunidades (Berlanga, 2014).

Además, Berlanga (2014) sostiene que:

Aunque aún no se ha llevado a cabo un análisis sistemático de los factores que generan la falta de equidad, en la documentación reciente sobre el proceso de Bolonia, cuando se mencionan grupos infra-representados, se refieren principalmente a categorías determinadas por su situación socioeconómica, capital educativo y cultural, minorías étnicas, personas con discapacidad, adultos mayores, género, individuos con cualificaciones formales insuficientes y residentes en regiones geográficamente marginadas.

La equidad representa otra dimensión que destaca en las políticas de excelencia y sus desafíos fundamentales (Arino & Llopis, 2011), haciendo referencia a tres aspectos importantes: el surgimiento y la creciente importancia de la dimensión social, el enfrentamiento con la realidad concreta de los estudiantes y el objetivo político de la equidad participativa.

Conforme avanzaba el desarrollo del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), un proceso cargado de expectativas, surgió la necesidad de prestar atención a los estudiantes, quienes expresaron su deseo de ser escuchados. Se ha observado un creciente interés en lo que se ha denominado la dimensión social (Berlanga, 2014).

Según lo planteado por Ariño y Llopis (2011), este interés implica reconocer las condiciones, particularidades y perfiles reales de los estudiantes y proponer un objetivo político alineado con el modelo social europeo: la equidad participativa. En este contexto, la equidad participativa se define como la distribución justa de las oportunidades de acceso, progreso y logros, considerando diferentes categorías y variables socioeconómicas.

Según la opinión de Berlanga (2014), en los debates llevados a cabo sobre el proceso de Bolonia, se ha hecho hincapié cada vez más en la relevancia de la dimensión social del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), en la equidad participativa, en la corrección de las disparidades en el acceso, el progreso y los resultados, y en la promoción de una educación universitaria inclusiva,

En las reuniones ministeriales sucesivas que han estado monitoreando el proceso de Bolonia desde 1998, se ha destacado cada vez más la importancia de la dimensión social de la educación superior. Específicamente, en el comunicado de Londres de 2007, los ministros de educación expresaron su compromiso con la aspiración social de que los estudiantes universitarios que ingresan, participan y completan la educación superior en todos los niveles deben reflejar la diversidad de la población (Berlanga, 2014). En otras palabras, se enfatiza la necesidad de lograr una equidad participativa en la educación superior y para ello es crucial proporcionar los recursos y servicios necesarios.

De acuerdo con Ariño y Llopis (2011), en la actualidad, la dimensión social se ha convertido en un elemento fundamental en la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), y en torno a ella se están elaborando y estructurando conceptos y herramientas para su implementación (véase figura 4).

Según Berlanga (2014), en las sociedades europeas, a pesar de la creciente diversificación de la población estudiantil, la característica principal de sus sistemas universitarios parece estar más relacionada con la igualdad que con la diversidad. Actualmente, este patrón está influenciado por los recursos económicos y educativos de la familia de origen. La dimensión social se posiciona como un punto central alrededor del cual se articulan otros conceptos, herramientas, discursos, estructuras organizativas e instrumentos diversos (Ariño, 2014). Para comprender la situación real de los estudiantes, se han implementado estudios, encuestas, informes y observatorios específicos. Como resultado de estos, han surgido conceptos como el régimen de dedicación, la equidad participativa o la inclusividad del sistema.

Figura 4. La dimensión social y su desarrollo en el Espacio Europeo de Educación.



Nota: Encontrado en Ariño y Llopis (2011).

De acuerdo con lo mencionado, el sistema general de becas y ayudas al estudio tiene como objetivo primordial asegurar un acceso equitativo a la educación. Por lo tanto, en este estudio se busca evaluar en qué medida el sistema general de becas, especialmente la beca salario para la educación universitaria, está cumpliendo este objetivo fundamental, y si es necesario ajustarlo para garantizar una mayor igualdad de oportunidades y abordar los nuevos desafíos educativos, como contribuir a la reducción de la deserción temprana y así fomentar un aumento y una mejora del capital humano. La relación entre las becas estudiantiles y el rendimiento académico ha sido objeto de numerosos estudios en el ámbito educativo. En esta revisión de la literatura, se analizarán diversas investigaciones que exploran esta relación y sus implicaciones para la política educativa.

Los trabajos de investigación mencionados proporcionan una visión amplia y detallada de los factores que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes en diversos contextos educativos. Cada estudio aborda aspectos específicos que contribuyen a comprender mejor este fenómeno complejo.

En el trabajo de Soto & Rocha (2020), se destaca la asociación entre los hábitos de estudio y el rendimiento académico en estudiantes de Enfermería, resaltando la importancia de los hábitos adecuados para lograr un buen desempeño académico.

El estudio de Villarruel-Meythaler (2020) examina los determinantes del rendimiento académico en estudiantes de Educación Media en Ecuador, destacando factores como el costo de la preparación propedéutica y la percepción de control interno y responsabilidad personal como elementos significativos.

Por otro lado, Nájera, Salazar, Vacio, & Morales (2020) presentan un modelo de rendimiento académico basado en la teoría Social-Cognitiva del desarrollo de Carrera, que incluye variables como la autoeficacia y las expectativas de resultado, proporcionando un marco conceptual para comprender el rendimiento académico en adolescentes mexicanos. El estudio de López Zamora (2021) destaca la importancia de las técnicas estadísticas multivariantes en el análisis del rendimiento académico, proporcionando herramientas metodológicas para mejorar la comprensión de este fenómeno.

Medina (2020) investiga la influencia de la inteligencia emocional, el apoyo social y el autoconcepto en el rendimiento académico, resaltando la relevancia de estos factores en diferentes niveles educativos. Mello (2019) examinan el rendimiento académico en Matemáticas en estudiantes de Paraguay, destacando la importancia del aprendizaje en el aula y la percepción de la capacidad del estudiante. León, Mendoza y Gilar (2021) exploran la relación entre el clima de aula y el rendimiento académico en contextos universitarios, destacando el papel del docente y la gestión institucional en la creación de un entorno favorable para el aprendizaje.

Finalmente, Martínez, Ferrás, Bermudez, Ortiz, & Pérez (2020) identifican una serie de factores que influyen en el rendimiento académico de estudiantes de Medicina, incluyendo la motivación, los hábitos de estudio y el funcionamiento familiar.

En conjunto, estos trabajos ofrecen una perspectiva integral sobre los determinantes del rendimiento académico y proporcionan *insights* importantes para la formulación de políticas educativas y la implementación de estrategias efectivas para mejorar el desempeño de los estudiantes en diferentes contextos educativos.

Materiales y métodos

Debido a que el objetivo principal de esta investigación es analizar las diferencias que existe en el rendimiento académico (promedio de calificaciones) de un solo grupo de estudiantes, pero en diferente ocasión o momento (antes y después de contar con la beca) y además de que se cuenta con los promedios de calificaciones del grupo de estudiantes en los dos momentos, se ha decidido utilizar la prueba t-student para muestras relacionadas, como técnica estadística adecuada para lograr el objetivo de esta investigación.

Cabe señalar el impacto de la beca puede ser positivo, negativo o nulo. Positivo sería cuando el rendimiento académico de los estudiantes incrementa después de obtener dicha beca. El impacto negativo sería cuando el promedio de calificaciones haya disminuido después de obtener dicha beca. Por su parte, el impacto sería nulo cuando el rendimiento académico de los estudiantes, antes y después de haber obtenido la beca, sea el mismo estadísticamente.

Esta investigación es de tipo documental debido a que para lograr el objetivo se tuvo que consultar por medio del departamento de control escolar del instituto, los expedientes académicos de los alumnos tanto en el semestre Enero-Junio 2023 (antes de recibir la beca) como en el semestre Agosto-Diciembre 2023 (cuando ya contaban con la beca). Además, es de tipo exploratorio debido a que es el primer estudio de este tipo que se realiza en este instituto con el cual se pretende marcar la pauta para futuros trabajos y líneas de investigación relacionados con el rendimiento académico.

También se considera de tipo cuantitativo debido a que se utiliza la prueba t-student para muestras relacionadas y poder comprobar que efectivamente existe diferencia significativa entre el rendimiento de los alumnos antes de obtener la beca y al contar con la misma.

Cabe señalar que en este estudio se utilizó un diseño no experimental, ya que se observaron los fenómenos tal como se presentan en su contexto natural, para su posterior análisis. Según el concepto de Pimienta y De la Orden (2012, p. 67), la investigación no experimental "incluye estrategias metodológicas que no manipulan las variables, sino que simplemente las observan o miden". Los sujetos de estudio no fueron expuestos a condiciones ni estímulos, ya que fueron observados en su entorno natural.

Se trató de una investigación no experimental de tipo transversal, dado que se recolectaron datos en un único momento, seguido por el análisis de las características de ciertas variables con el fin de establecer relaciones entre ellas.

La población objetivo está constituida por los 187 alumnos del Instituto Tecnológico de Pinotepa que se encuentran legalmente inscrito y han sido beneficiados con el programa de Beca Jóvenes Escribiendo el Futuro. De quienes se solicitó el Kardex de calificaciones al departamento de control escolar. Lo anterior, con la finalidad de obtener los promedios de calificaciones de dichos estudiantes, antes y después de haber obtenido dicha beca.

Con el fin de alcanzar el objetivo establecido, se llevó a cabo una investigación documental con la debida autorización del Departamento de Control Escolar del Instituto. En este proceso, se obtuvieron los expedientes académicos de los alumnos correspondientes al semestre Enero-Junio 2023 (previo a la obtención de la beca) y al semestre Agosto-Diciembre 2023 (durante el cual los estudiantes contaban con la beca). Este procedimiento se realizó con la finalidad de analizar las diferencias que existen en el rendimiento académico (promedio de calificaciones) entre dos grupos de estudiantes: aquellos que cuentan con la beca del Programa Jóvenes Escribiendo el Futuro con aquellos que no cuentan con dicho apoyo.

Para analizar los datos se empleó EXCEL y SPSS con la finalidad de obtener las gráficas, tablas y estadísticos descriptivos y poder examinar las características de la muestra, también se utilizó la prueba t-student para muestras relacionadas para comprobar que las diferencias entre las medias de las calificaciones fueran significativas.

Resultados

La tabla 1. Muestra los estadísticos del promedio de calificaciones de los 187 alumnos legalmente inscritos del Instituto Tecnológico de Pinotepa que cuentan actualmente con la beca Jóvenes Escribiendo el Futuro. En dicha tabla se puede

observar que el promedio de calificaciones de dichos alumnos sin beca (semestre Ene-Jun 2023) es de 84.4225 mientras que el promedio de los mismos alumnos después de haber obtenido la beca (semestre Ago-Dic 2023) incrementó a 90.1604.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los promedios de calificaciones de los alumnos.

		Antes	Después
N	Válidos	187	187
	Perdidos	0	0
Media		84.4225	90.1604
Mediana		85.0000	91.0000
Moda		80.00	86.00
Desv. típ.		7.20201	7.20707
Mínimo		69.00	74.00
Máximo		100.00	105.00

Nota: Elaboración con base en los datos proporcionados por el Departamento de Control Escolar del Instituto Tecnológico de Pinotepa.

Al desarrollar la comparación de medias en el paquete estadístico SPSS, nos envía tres tablas. La tabla 2 muestra las estadísticas de muestras emparejadas. Aquí se puede observar que la diferencia entre los promedios de los alumnos, antes y después de obtener la beca, es significativa.

Tabla 2. Estadísticos de muestras relacionadas para los promedios de los alumnos.

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Antes	84.2620	187	7.62289	.55744
	Después	90.1604	187	7.20707	.52703

Nota: Elaboración con base en los datos proporcionados por el Departamento de Control Escolar del Instituto Tecnológico de Pinotepa.

La tabla 3. Muestra las correlaciones de muestras emparejadas, en dicha tabla se puede observar un cierto grado de correlación con un coeficiente de 0.894, el cual es significativo debido a que la significancia ($p < 0.000$) menor que 0.05. Lo anterior confirma que efectivamente existe relación entre las variables en estudio.

Tabla 3. Correlaciones de muestras relacionadas para los promedios de los alumnos.

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Antes y Después	187	.894	.000

Nota: Elaboración con base en los datos proporcionados por el Departamento de Control Escolar del Instituto Tecnológico de Pinotepa.

La tabla 4. Muestra la prueba de muestras emparejadas, en la cual se muestra una significancia (unilateral) de $0.000 < 0.05$, lo que indica que se puede rechazar la hipótesis nula de que no hay relación entre las variables y quedarnos con qué efectivamente los datos obtenidos muestran que hay una relación significativa entre las variables en estudio.

Tabla 4. Prueba de muestras relacionadas para los promedios de los alumnos.

		Diferencias relacionadas			t		gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Antes - Después	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		186	.000
					Inferior	Superior		
		-5.89840	3.44470	.25190	-6.39535	-5.40144		

Nota: Elaboración con base en los datos proporcionados por el Departamento de Control Escolar del Instituto Tecnológico de Pinotepa.

Discusión

Los trabajos de investigación mencionados proporcionan una visión amplia y detallada de los factores que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes en diversos contextos educativos. Cada estudio aborda aspectos específicos que contribuyen a comprender mejor este fenómeno complejo.

En conjunto, estos trabajos ofrecen una perspectiva integral sobre los determinantes del rendimiento académico y proporcionan *insights* importantes para la formulación de políticas educativas y la implementación de estrategias efectivas para mejorar el desempeño de los estudiantes en diferentes contextos educativos.

Cook (2008) sugieren que la provisión de becas y créditos a estudiantes provenientes de entornos socioeconómicos desfavorecidos, especialmente en el nivel de educación superior, ayuda a disminuir las disparidades en las condiciones humanas. Esto podría ser un medio eficaz y aceptable para alterar la distribución de la posición social. Por otro lado, Chen (2008) resaltan que la inversión en educación superior ofrece a los estudiantes de bajos recursos la oportunidad de un desarrollo individual, social y económico. Asimismo, otros estudios han demostrado que el respaldo financiero promueve la responsabilidad y la persistencia (Johnson, 2006; Cantón, 2010).

Es relevante tener en cuenta que el rendimiento académico es un fenómeno complejo que está influenciado por diversos factores, como lo señala Gimeno (1976), incluyendo aspectos económicos, psicológicos, pedagógicos, fisiológicos y sociológicos. Sin embargo, en este estudio nos centramos en el rendimiento académico evaluado a través de los promedios de calificaciones de los estudiantes, siguiendo la sugerencia de Cascón (2000), quien afirma que los promedios de calificaciones son un indicador adecuado del rendimiento académico. Es importante destacar que, en el Instituto Tecnológico de Pinotepa, los profesores tienen en cuenta no solo las calificaciones en los exámenes de los estudiantes, sino también otras actividades como trabajos, asistencia a clases, proyectos y participación, en línea con el enfoque educativo basado en competencias.

Cabe mencionar, que a diferencia de los estudios encontrados en la revisión de la literatura, esta investigación se centra en determinar el impacto de la beca Jóvenes Escribiendo el Futuro en el rendimiento académico de los estudiantes de nivel superior, el cual puede ser positivo, negativo o nulo. Positivo sería cuando el rendimiento académico de los estudiantes incrementa después de obtener dicha beca. El impacto negativo viene siendo cuando el promedio de calificaciones haya disminuido después de obtener dicha beca. Por su parte, el impacto sería nulo cuando el rendimiento académico de los estudiantes, antes y después de haber obtenido la beca, sea el mismo estadísticamente. Para ello se emplea la prueba estadística t-student, que es una técnica estadística perteneciente a la prueba de hipótesis adecuada para este tipo de situaciones.

Conclusiones

Los estudiantes provenientes de familias con recursos limitados se enfrentan a diversas barreras para acceder a la educación superior, siendo una de las más significativas los elevados costos asociados. En el caso de México, estos costos no se reducen únicamente a las colegiaturas, sino que también abarcan otros gastos adicionales como transporte, alimentación, material escolar, entre otros. Por ejemplo, en el instituto, la inscripción semestral durante el semestre Enero-Junio de 2023 se estima en aproximadamente \$1200 pesos mexicanos, el cual a veces varía de un ciclo escolar a otro dependiendo de los requerimientos y necesidades del propio instituto.

En esta investigación, se considera una variable importante el rendimiento académico de los estudiantes que solicitaron becas durante el semestre Ago-Dic de 2023 y que no habían solicitado beca en el semestre anterior. El objetivo fue analizar las diferencias que existen en el rendimiento académico (promedio de calificaciones) entre dos grupos de estudiantes: aquellos que cuentan con la beca del programa Jóvenes Escribiendo el Futuro y aquellos que no cuentan con dicho apoyo, en el Instituto Tecnológico de Pinotepa.

Los resultados proporcionan una visión inicial de las diferencias significativas observadas y un impacto positivo de la Beca en el rendimiento académico de los estudiantes del Instituto Tecnológico de Pinotepa, debido a que dicho rendimiento incrementa después de obtener dicha beca, sin embargo, cabe señalar que, estas no constituyen una evaluación exhaustiva del impacto de la política pública de becas en cuestión, ya que para obtener una evaluación completa, se necesitaría implementar un diseño de investigación más riguroso que controle otros factores que podrían estar influyendo en los resultados.

Por último, esta investigación puede replicarse a más institutos y universidades de la región, del estado y del país, con la finalidad de contrastar los resultados obtenidos y tomar decisiones efectivas relacionadas con el mejoramiento del rendimiento académico de nuestros estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Aguilar Nery, J. (2019). Política de becas en el nivel medio superior mexicano: crítica a sus principios distributivos. *Revista Iberoamericana de Educación Superior (RIES)*, X (29). doi:<https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2019.29.522>
- Arino, A. (2014). La dimensión social de la educación superior. *En RASE*, 7(1), 17-41.
- Arino, A. y. (2011). ¿Universidad sin clases? Condiciones de vida de los estudiantes universitarios en España (Eurostudent IV). *Ministerio de Educación. Secretaria General Técnica. Subdirección General de Documentación y Publicaciones*.
- Becker, G. S. (1993). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. University of Chicago Press. <https://www.nber.org/books-and-chapters/human-capital-theoretical-and-empirical-analysis-special-reference-education-third-edition>
- Berlanga Silvestre, V. (2014). *La transición a la Universidad de los estudiantes becados*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=93562>
- Cantón, E. &. (2010). Student Support and Academic Performance : Experiences at Private Universities in México. *Education Economics*, 18(1), 49-65.
- Cascón, I. (2000). Análisis de las calificaciones escolares como criterio de rendimiento académico. <https://www3.usal.es./inico/investigacion/jornadas/jornada2/comunc/cl7.html>
- Chen, R. &. (2008). Exploring the Effects of Financial Aid on the Gap in Student Dropout Risks by Income Level. *Research in Higher Education*, 48(1), 1-18.
- Cominetti, R. &. (1997). Algunos factores del rendimiento: las expectativas y el género. *Human Development Departament. LCSHD Paper series, 20, The World Bank , Latin America and Caribbean Regional Office*.
- Cook, B. J. (2008). Minorities in higher education twenty-second annual status report. *American Council on Education*.
- Dynarski, S., & Scott-Clayton, J. (2006). "The Cost of College: Student Aid Policy and the Future of Higher Education." *Harvard University*.
- Garbanzo Vargas, G. (2007). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. *Revista Educación*, 31(1), 43-63. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/1252/1315>
- García. (1991). *Análisis Comparativo de Diversas Definiciones del Rendimiento Escolar* (S/ed. ed.). Lima, Perú.
- García Gajardo, F., & Fonseca Grandón, G. &. (2015). Aprendizaje y Rendimiento Académico en Educación Superior: Un Estudio Comparado. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 15, 1-26. Recuperado el 28 de septiembre de 2024, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44741347019>
- Gimeno-Sacristán, J. (1976). Autoconcepto, sociabilidad y rendimiento escolar. *Servicios de Publicaciones del MEC*.
- Gluz, N. (2007). La expresión de las políticas sociales en el campo educativo. El caso de las becas estudiantiles para la escuela media. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 12(34), 1065-1087. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14003412>
- Heller, D. E. (2001). "The Effects of Tuition and Financial Aid on College Enrollment: A Review of the Literature." *Journal of Student Financial Aid*, 31(2)
- Johnson, I. (2006). Analysis of stop out Behavior at a public research university: The multispell discrete-time approach. *Research in Higher Education*, 47(8), 905-934.
- Juárez, C. N. (30 de marzo de 2020). *Gobierno de la República*. <https://www.gob.mx/becasbenitojuarez/articulos/beca-jovenes-escribiendo-el-futuro-de-educacion-superior>
- López Zamora, M. E. (2021). Métodos estadísticos multivariantes aplicados en el estudio del rendimiento académico. *Revista Cognosis*, 6(1), 103-118.
- Martínez Pérez, J. F. (2020). Rendimiento académico en estudiantes Vs factores que influyen en sus resultados: una relación a considerar. *edumecentro*. <https://revedumecentro.sld.cu/index.php/edumc/article/view/1553>
- Medina, P. (2020). La inteligencia emocional y su relación con el apoyo social y el autoconcepto como factores que influyen en el rendimiento académico de estudiantes de los niveles primario, secundario y superior. *Revista Científica Arbitrada de la Fundación MenteClara*, 5(203). doi:<https://doi.org/10.32351/rca.v5.203>
- Mello, J. D. (2019). Un estudio sobre el rendimiento académico en Matemáticas. (29, Ed.) *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 21, 1-10. doi:10.24320/redie.2019.21.e29.2090
- Murray, C., & Westrick, P. (2018). "The Impact of Financial Aid on Student Persistence." *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 40(4), 580-607

- Nájera Saucedo, J. S. (2020). Evaluación de la autoeficacia, expectativas y metas académicas asociadas al rendimiento escolar. *Revista de Investigación Educativa*, 38(2), 435-452. doi:<https://doi.org/10.6018/rie.350421>
- Navarrete Vela, J. P. (2012). *Diseño de Programas y Políticas Públicas* (Primera ed.). Estado de México: Red Tercer Milenio.
https://www.aliat.click/BibliotecasDigitales/derecho_y_ciencias_sociales/Diseno_de_programas_y_politicas_publicas.pdf
- Pascarella, E. T., & Terenzini, P. T. (2005). *How College Affects Students: A Third Decade of Research*. Jossey-Bass
- República, G. d. (1998). *Porgresa. Programa de Educaci{on, Salud y Alimentación*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/79893/1998--.pdf>
- Rothstein, J. (2009). "Student Sorting and the Long-Run Distribution of Income." *American Economic Journal: Applied Economics*, 1(1), 43-66
- Schneider, M., & Buckley, J. (2002). "What Do Parents Want from Schools? Evidence from the National School Boards Association." *Educational Policy Analysis Archives*, 10(1)
- Solis, M., & Zárate, E. (2016). "Impacto de las becas en el rendimiento académico en estudiantes universitarios." *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, 10(1), 45-60
- Soto, W. &. (2020). Hábitos de estudio: factor crucial para el buen rendimiento académico. *Revista Innova Educación*, 2. doi:<https://doi.org/10.35622/j.rie.2020.03.004>
- St. John, E. P., & Paulsen, M. B. (2007). "The Role of Financial Aid in the College Access and Success of Low-Income Students." *Educational Policy*, 21(2), 187-210
- Torres, L. E. (2006). Rendimiento académico y contexto familiar en estudiantes universitarios. *Enseñanza e Investigación en Psicología. Consejo Nacional para la Enseñanza en Investigación en Psicología A.C.*, 11 (2), 255-270.
- Vélez van Meerbeke, A. &. (2005). *Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes de medicina*. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1575-18132005000200005&lng=es&tlng=es
- Villarruel-Meythaler, R. E.-M.-G. (2020). Determinantes del rendimiento académico de la educación media en Ecuador. *Revista Economía y Política*, 32, 212-234.
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-90752020000100212&lng=es&tlng=es
- Wenglinsky, H. (2004). "The Link Between Teacher Quality and Student Outcomes: A Research Synthesis." *Princeton, NJ: Educational Testing Service*
- Xinema Patricia, L. Q. (2021). Clima de aula y rendimiento académico: apuntes en torno al contexto universitario. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(5), 140-156. doi:<https://doi.org/10.52080/rvgluz.26.e5.10>



AVANCES EN DESARROLLO DE SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO PARA MEDICIONES ALTA PRECISIÓN EN EXPERIMENTOS DE FÍSICA

Juan Carlos Cabanillas Noris¹, Juan Manuel Mejía Camacho²,
Ildefonso León Monzón³

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 22/09/2024 Aceptado: 13/11/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a9>

Resumen.- Este artículo se enfoca en el análisis de las actualizaciones de uno de los sistemas más importantes para la operación de los experimentos de física de altas energías denominado sistema de control de detectores, que es el encargado de monitorear, controlar y configurar los parámetros operativos del detector y sus subsistemas. El adecuado diseño de este sistema de control permite una mejor calidad de los datos físicos adquiridos por el detector en un experimento, con la premisa de tenerlo siempre en óptimas condiciones de operación durante su vida útil. Primeramente, en ese documento se hace una revisión de los conceptos básicos de estos experimentos, así como de los elementos actuales y futuros más importantes de estos sistemas de control. Posteriormente, se revisa la propuesta de una metodología para modelar y estandarizar su desarrollo, a pesar de los factores adversos en ese sentido. Finalmente, se analizan las áreas de oportunidad encontradas en las técnicas de Inteligencia Artificial para que pudieran ser incorporadas en diversos ámbitos operativos y predictivos del sistema de control.

Palabras Clave: Altas energías, DCS, detectores, experimentos, partículas.

ADVANCES IN THE DEVELOPMENT OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS FOR HIGH PRECISION MEASUREMENTS IN PHYSICS EXPERIMENTS

Abstract.- This article focuses on updates analysis of one of the most important systems in the operation of high energy physics experiments named detector control system, which is responsible for monitoring, controlling and configuring the operating parameters of the detector and its subsystems. Furthermore, the proper design of this control system allows for a better quality of the physical data acquired by the detector in an experiment, always seeking to keep it in optimal conditions during its useful life. First, this document reviews the basic concepts of these experiments, as well as the most important current and future elements of these control systems. Then, the proposal of a methodology to model and standardize their development despite the adverse factors in this regard is reviewed. Finally, the areas of opportunity found in Artificial Intelligence techniques were analyzed so that they could be incorporated into various operational and predictive areas of the control system.

Keywords: High energies, DCS, detectors, experiments, particles.

Introducción

Las mediciones cada vez más precisas de los parámetros requeridos en los detectores de partículas en experimentos de Física de Altas Energías (HEP), demandan almacenar un extenso muestreo de eventos durante las colisiones de los aceleradores. Por lo tanto, es necesario hacer actualizaciones significativas a los sistemas y equipos actuales para procesar los datos en tiempo real, debido a la gran cantidad de información que generan dichos detectores y sus subsistemas. A partir de lo anterior, uno de los objetivos de este documento consiste en presentar una sistematización estandarizada para facilitar el desarrollo del Sistema de Control de los Detectores (DCS) de partículas de altas energías integrados en estos experimentos de física. Para ello, se propone utilizar la metodología de Proceso Unificado Racional (RUP) para obtener la conceptualización de los casos de uso y sus diagramas de Lenguaje Unificado de Modelado (UML).

¹ Doctor asignado al posgrado del Tecnológico Nacional de México/ IT Culiacán <https://orcid.org/0000-0002-2253-165X>. CVU CONAHCYT: 42222. juan.cn@culiacan.tecnm.mx (**Autor correspondiente**).

² Doctor de la Facultad de Ingeniería Unidad Culiacán de la Universidad Autónoma de Sinaloa <https://orcid.org/0000-0001-5945-3424>. CVU CONAHCYT: 104503. juan.mejia@uas.edu.mx

³ Doctor de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad Autónoma de Sinaloa <https://orcid.org/0000-0002-7919-2150>. CVU CONAHCYT: 122746. ildefonso.leon.monzon@uas.edu.mx

El otro objetivo consiste en analizar la integración de la inteligencia artificial en áreas poco exploradas desde este punto de vista, como son la recuperación de errores y operación óptima del DCS sin o poca intervención de un operador humano. De acuerdo con lo previamente señalado, se espera que los tiempos de desarrollo de los nuevos sistemas de control sean cada vez más reducidos, así como ofrecer a los programadores un panorama más amplio de la mayoría de los procesos, actores y lineamientos involucrados en el diseño, desarrollo y puesta en marcha de estos sistemas. Finalmente, se busca que las técnicas aplicadas de inteligencia Artificial tengan un impacto en una mayor eficiencia, calidad de los datos y estabilidad tanto operativa como predictiva del detector.

Materiales y métodos.

Experimentos de física de alta energía

Los HEPs están constituidos por detectores que cuentan con dispositivos de rastreo, calorímetros y detectores de identificación de partículas. Los detectores recopilan pistas sobre partículas generadas durante colisiones, como; velocidad, momento, masa y carga, con las que se puede determinar la identidad de una partícula. El proceso requiere de aceleradores, potentes electroimanes y complejos subdetectores. Todo esto para descubrir de qué está hecho el universo y cómo funciona. Los bunches de partículas son producidos en los aceleradores para colisionarse a velocidades cercanas a la de la luz, y normalmente viajan en línea recta, aunque en presencia de un campo magnético sus caminos se vuelven curvos. Los electroimanes colocados alrededor de los detectores de partículas generan campos magnéticos para explotar este efecto. Los físicos pueden calcular el momento de una partícula (una pista de su identidad), a partir de la curvatura de su trayectoria. Las partículas con alto momento viajan en líneas casi rectas, mientras que aquellas con un momento muy bajo se mueven hacia adelante en espirales muy cerradas dentro del detector.

Dichos experimentos están conformados de los siguientes dispositivos (CERN, 2024):

1. Los aparatos de rastreo miden la flexión de las partículas cargadas eléctricamente y revelan las rutas que siguen a medida que pasan e interactúan con ciertas sustancias. Para ello se hace uso de un programa de computadora para reconstruir los patrones grabados de las pistas.

2. Los calorímetros miden la energía que pierde una partícula a medida que atraviesa este detector. Están diseñados para absorber o detener la totalidad de la energía de las partículas provenientes de una colisión; esta energía es depositada dentro del detector y esta transferencia se puede identificar como una luz, señal eléctrica, etc. Por un lado, los calorímetros electromagnéticos miden la cantidad de energía de los electrones y fotones a medida que interactúan con las partículas cargadas eléctricamente del material. En su defecto, los calorímetros hadrónicos toman muestras de la energía de los hadrones (que son partículas compuestas por quarks, como lo son los protones y neutrones) a medida que interactúan con los núcleos atómicos. Los calorímetros pueden detener la mayoría de las partículas conocidas, con excepción de los muones y neutrinos.

3. Los detectores de identificación de partículas utilizan la estimación de la velocidad con que viaja una partícula. Con la velocidad de la partícula y su momento, es posible estimar su masa. Existen dos métodos más para definir la identidad de una partícula y ambos funcionan detectando la radiación emitida por las partículas cargadas. La primera de ellas estima la velocidad calculando el tiempo que tarda una partícula en recorrer una determinada distancia; para ello se usan sistemas de tiempo de vuelo. El segundo método aprovecha el hecho de que una partícula cargada puede viajar más rápido que la luz a través de un medio dado emite radiación de Cherenkov en un ángulo que depende de su velocidad (Observatorio Pierre Auger, 2024). A partir del conocimiento de este ángulo, es posible calcular la velocidad de la partícula, que la combinarse con la medición del momento de la partícula se puede determinar su masa, así como su identidad. Finalmente, los físicos recopilan todas estas pistas de diferentes partes del detector y construyen una idea de la partícula que había en el detector en el instante de la colisión. El siguiente paso es buscar en las colisiones partículas inusuales o resultados que no se ajustan a las teorías actuales.

Sistema de Control del Detector

Algunos experimentos HEP han estado procesando datos de colisiones durante varios años, como se puede apreciar en Aamodt et al. (2008) y Synchrotron ALBA (2024). Uno de los sistemas de software más críticos en los experimentos HEP es el Sistema de Control de los Detectores (DCS) de partículas, que generalmente es un Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) distribuido. También el DCS facilita las comunicaciones y brinda retroalimentación a los diferentes servicios y sistemas internos y externos al experimento, tales como: acelerador, sistemas de enfriamiento, electricidad, magnetos, seguridad, control de acceso, entre otros (Mercado, 2008; Esperante, 2010; Pitz, 2012; Cabanillas-Noris, 2017; Mejía-Camacho et al., 2023). La tarea principal del sistema de control es garantizar el funcionamiento correcto y seguro de los detectores instalados en un experimento de física de altas energías. El DCS controla, verifica y configura el equipo y subsistemas que conforman el detector; entre los cuales

destacan los dispositivos de hardware comerciales, como: fuentes de alimentación y tarjetas de voltaje; así como equipos personalizados de la Electrónica de Frontera Final (FEE). Estas acciones se realizan principalmente mediante el envío de comandos y la lectura del estado del equipo desde un solo lugar de trabajo (ALICE DCS, 2007). El software del DCS debe integrar equipos comerciales, a través del protocolo de Comunicación de Plataforma Abierta (OPC); así como equipos personalizados, como por ejemplo, la Electrónica de Lectura (ROE). Para este último, se utiliza un protocolo administrador de información y cierta tecnología de servidores. También se recomienda aplicar marcos de trabajo estandarizados que faciliten el desarrollo de aplicaciones de software homogéneas para todos los detectores durante la integración y actualización del sistema de control dentro del experimento. Finalmente, el DCS proporciona a los expertos y operadores del experimento HEP una Interfaz Gráfica de Usuario (UI) para interactuar con los detectores y el equipo asociado. Las interfaces implementadas en el experimento son intuitivas y fáciles de usar para facilitar su funcionamiento (ALICE DCS, 2007), y solo los usuarios autorizados pueden tener acceso a dicha interfaz y hacer uso del sistema, mediante la asignación de roles y privilegios.

DCS de Experimentos HEP actuales

A. Arquitectura de hardware del DCS

Actualmente, los sistemas de control de detectores (DCS) han estado utilizando una arquitectura de cinco niveles (Chochula et al., 2017), como se muestra en la Figura 1.

1.- Capa de Hardware: proporciona todos los dispositivos y sensores necesarios para la operación del experimento. Principalmente fuentes de alimentación, Controladores Lógicos Programables (PLCs), módulos de la FEE del detector y dispositivos conectados por buses de campo industriales.

2.- Capa de Abstracción del Hardware: proporciona la unificación de la comunicación entre una gran variedad de dispositivos y el software del sistema de control.

3.- Capa de Control del DCS: procesa los datos adquiridos de los dispositivos. Una granja de servidores ejecuta un sistema SCADA distribuido, configurado para funcionar también como un sistema alcanzable remotamente. Cada valor recibido de los parámetros seleccionados se compara con los límites operativos, y de ser necesario, se toman medidas correctivas o, a su vez, el operador revisa el problema. Dicha capa de control configura los dispositivos de control y les envía comandos. Los datos de configuración y los datos adquiridos por el DCS se guardan en bases de datos.

4.- Capa de Operación: la operación del experimento debe seguir una secuencia de pasos cuidadosamente organizada. Por ejemplo, un módulo del detector no se puede encender, a menos que se proporcione suficiente enfriamiento, los módulos electrónicos específicos solo se pueden alimentar después de que se haya aplicado el alto voltaje a los sensores, etc. Dicha lógica se implementa en la Capa de Operación. Esta capa representa a todos los dispositivos y sus canales, como una Máquina de Estados Finitos (FSM) integrada en una jerarquía global basada en un paquete de manejo de estados y acciones (Franek y Gaspar, 2004). Este enfoque permite al operador enviar un comando global; por ejemplo, la capa de operación sincroniza todas las acciones entre los detectores y sus componentes para preparar el experimento para la adquisición de datos.

5.- Capa de Interfaz de Usuario: visualiza todos los componentes y estados del DCS de una manera fácil de usar, permitiendo la operación del experimento desde un lugar de trabajo por un solo operador.

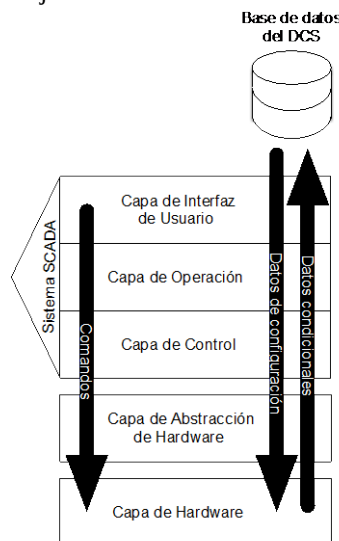
B. Flujo de datos del DCS

Los dispositivos controlados por el DCS se configuran según los requisitos operativos asociados con el modo del haz y el tipo de física estudiada por el experimento HEP. Por ejemplo, la operación con protones requiere diferentes configuraciones de sus dispositivos y equipos con respecto al modo de iones. Los detectores generalmente toman datos de calibración y requieren ser reconfigurados nuevamente cuando hay períodos sin presencia de haz (Chochula et al., 2017).

Cada modo de operación requiere datos de configuración que se leen de la base de datos del DCS y se programan a todos los dispositivos y equipos que la requieran, mediante el sistema SCADA (ver Figura 1). Los registros de configuración optimizados, previamente guardados, se compilan y personalizan en un formato admitido por el hardware. En el dominio de la electrónica (FEE), los datos son repetitivos y la base de datos (DB) almacena un registro de configuración común a un grupo de módulos, en lugar de un conjunto de registros individuales idénticos. Por otro lado, los datos condicionales adquiridos de los subsistemas y canales se supervisan, regulan y se almacenan en la base de datos del DCS. Del mismo modo, la dirección del flujo de datos condicionales es contraria al flujo de datos de configuración. Estos datos de condiciones se almacenan de manera continua independientemente del modo de operación del experimento, y se utilizan principalmente para fines de referencia o calibración cuando hay períodos sin haz. Cuando los haces se aceleran y se producen colisiones, uno de los objetivos más importantes del sistema de control

es garantizar que adquisición de datos sea estable y de la mejor calidad. Por otro lado, el Sistema de Adquisición de Datos (DAQ) procesa las señales de los detectores habilitados por las partículas detectadas. El flujo de datos del DAQ se almacena en una infraestructura independiente que es autónoma del DCS. Los datos de DAQ deben concatenarse con la información del DCS almacenada en la base de datos de dicho DCS para fines de análisis final. Una corrida se define como un período de adquisición de datos estable. Los datos almacenados durante una corrida se envían a otros niveles de análisis, utilizando una infraestructura de computadoras. La señal de los detectores se une a las pistas de partículas, y se calculan las propiedades de las partículas (tipo, momento y trayectoria). Esta reconstrucción también depende de los parámetros del DCS, más conocidos como datos condicionales.

Figura 1. Capas y flujo de datos del Sistema de Control del Detector.



Nota. Elaboración propia con información tomada de Chochula et al., (2017).

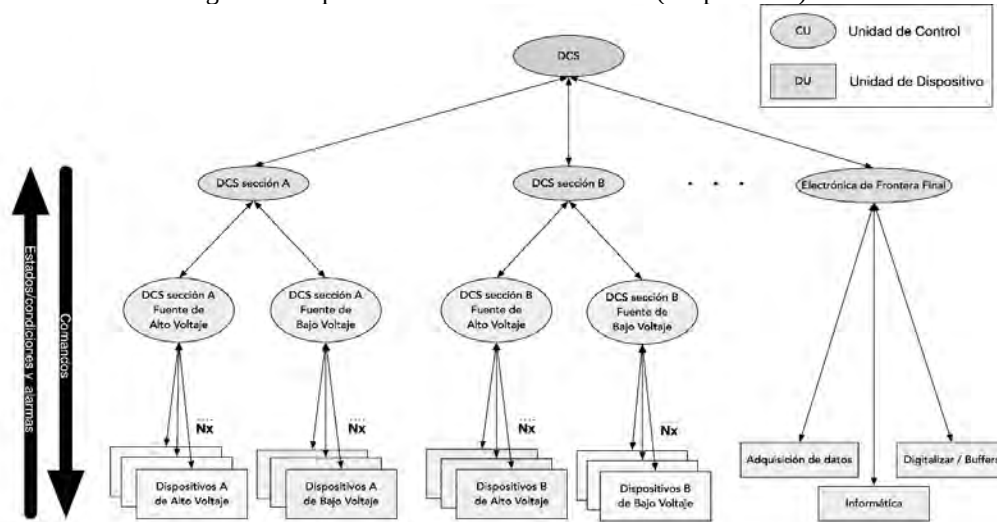
Arquitectura de software del DCS

La arquitectura del software DCS puede ser una estructura jerarquía en forma de árbol que representa la operación de los subsistemas y dispositivos de hardware. La estructura de árbol está hecha de nodos, cada uno con un sólo padre, excepto el nodo superior. Los nodos pueden tener cero, uno o más hijos. Un nodo sin hijos se llama hoja y un subconjunto de nodos del árbol se le llama sub-árbol (Mercado, 2008; Lucas, 2009). Hay dos tipos de nodos que sirven como bloques de construcción básicos: Unidad de Control (CU) y Unidad de Dispositivo (DU). Un DU maneja un dispositivo y es un nodo tipo hoja y modela un dispositivo.

Las CU modelan y controlan los subárboles debajo de ellas. La jerarquía puede tener un número arbitrario de niveles para proveer a los subsistemas, con tantas capas de abstracción como sea necesario. La Figura 2 muestra la arquitectura de software jerárquica simplificada de un sistema de control del detector. También puede haber otros tipos de subsistemas como: refrigeración, gas, entre otros.

El comportamiento y la funcionalidad de cada nodo en la jerarquía de árbol se modelan e implementan como una máquina de estados finitos. FSM es un concepto crucial en la arquitectura de software del DCS, y proporciona una toma de decisiones descentralizada y distribuida; y las acciones se pueden realizar de forma autónoma, aun cuando se controlan centralmente desde el DCS del experimento. Esto conduce naturalmente al paralelismo en operaciones automatizadas como la recuperación de errores y, en consecuencia, aumenta la efectividad del sistema (Chochula et al., 2013).

Figura 2. Arquitectura de software del DCS (simplificada).



Nota. Elaboración propia con información tomada de Mercado (2008), Cabanillas-Noris (2017) y Mejía-Camacho (2023).

C. Sistema de Alto Voltaje y Bajo Voltaje

Los sistemas de suministro de energía son el núcleo de cualquier experimento HEP. Estos proporcionan el Alto Voltaje (HV) y el Bajo Voltaje (LV) requeridos por los detectores y los componentes asociados de la Electrónica de Frontera Final. La calidad de la fuente de alimentación es crucial para obtener el mejor rendimiento de la configuración. La sensibilidad de los detectores modernos los hace susceptibles a cualquier variación, incluso a pequeñas variaciones en la fuente de alimentación. Por lo tanto, características como poco ruido, baja ondulación y alta estabilidad se vuelven esenciales en el diseño de un sistema de suministro de energía. Algunas tarjetas de bajo voltaje están diseñadas para proporcionar voltajes máximos de 4.5 a 15 V con 1mV de resolución. Por otro lado, hay tarjetas de alto voltaje que proporcionan hasta 3.5 kV y corriente de hasta 3.5 mA (CAEN, 2019).

D. Electrónica de Frontera Final (FEE)

La FEE lleva a cabo dos tareas principales. Primero, adquiere, digitaliza y almacena los datos del detector de un número sustancial de canales analógicos; segundo, procesa los datos locales de rastreo en línea (online). Las tareas específicas pueden ser: amplificación, conformación de pulsos de salida, discriminación de señales y mediciones de tiempo y carga, entre otros (Mejía-Camacho et al., 2023).

DCS para nuevos Experimento HEP de alta precisión

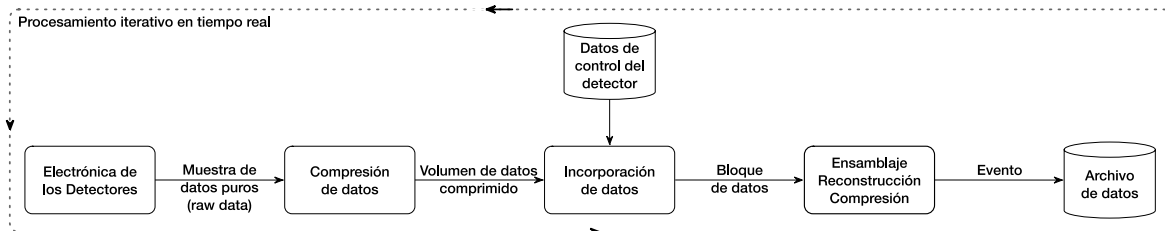
Las mediciones de alta precisión de los detectores de experimentos HEP requieren almacenar un extenso muestreo de eventos durante las colisiones. En consecuencia, el sistema informático debe ser rediseñado para cumplir con el desafío de tomar muestras del evento a una velocidad mucho mayor. Debido a estas altas tasas de interacción, no es posible almacenar los datos del detector en el disco y ejecutar el procesamiento de datos una vez que finaliza la corrida. Los datos del detector deben procesarse instantáneamente en tiempo real. La reconstrucción de eventos será necesaria para una reducción significativa de los volúmenes de datos antes de enviarlos para su análisis. Los datos condicionales del DCS deben proporcionarse junto con los datos del detector para realizar dicho análisis. El manejo de los datos condicionales y el acceso de la FEE representan la necesidad del desarrollo de un nuevo DCS para un experimento HEP de procesamiento de datos en tiempo real (Ananya et al., 2014).

a. Flujo de datos

Será necesario reducir el volumen masivo de datos resultante de la combinación de la alta tasa de interacción y el gran tamaño del evento generado durante una corrida. En consecuencia, los datos puros adquiridos continuamente de los detectores durante dicha corrida (datos físicos) se comprimirán en primer lugar. Luego, se agregan los datos de control del detector (datos de condición y configuración), generando así un bloque de datos transferidos a las siguientes etapas para crear un evento completo mediante el ensamblaje, la reconstrucción y la realización de una compresión de datos final, así como el almacenamiento de datos también (Chochula et al., 2013). El procesamiento de datos mencionado anteriormente se realizará en tiempo real de forma iterativa y sincrónica con la toma de datos para lograr los siguientes

dos objetivos principales: reducir el volumen de datos y limitar las necesidades computacionales generales al realizar parte de la reconstrucción antes de almacenar los datos. Las descripciones del flujo de datos también se pueden apreciar en la Figura 3.

Figura 3. Diagrama de bloques del flujo de datos del detector y el procesamiento de datos en tiempo real.



Nota: Elaboración propia con información tomada de Sommerville (2011), Kimmel (2005) y Fontela (2012).

b. Desarrollo del DCS

Para el desarrollo del software de control de un detector en un experimento HEP de alta precisión, se requiere conocer los cambios de hardware y flujo de datos. También se necesita un conocimiento preciso de los requisitos de la nueva estructura de procesamiento en tiempo real. Todo este proceso de integración del software de control con los elementos de hardware del detector y sus subsistemas comprende las etapas de: a) diseño, b) simulación, c) construcción, d) puesta en marcha, y e) operación del detector en el experimento HEP. Asimismo, existe otro número de detectores y subdetectores independientes adicionales que deben controlarse individualmente mediante su DCS correspondiente y que son integrados también a un DCS central experimental.

Sin embargo, existen diferencias conceptuales y estructurales significativas entre los detectores de altas energías, tales como: tipos de eventos a analizar (colisiones de diferentes tipos partículas, rayos cósmicos, corridas especiales como los escaneos VdM), dimensiones estructurales, tipo de material (dispositivos semiconductores, centelladores de plástico, cámaras de gas, etc.), parámetros a monitorear (temperatura, niveles de radiación, campo magnético, carga, tiempo, etc.), tipo de actuadores a controlar (refrigeración, canales de alto y bajo voltaje, sistema de gas, etc.), infraestructura, número de canales de lectura, entre otras. Esta diversidad y características de los detectores siempre deben considerarse durante la determinación y especificación de los requisitos para el desarrollo, puesta en marcha y funcionamiento del software del DCS para este tipo de experimentos (Acharya et al., 2024; ALICE Collaboration, 2022; Bordalo, 2012; Bortolin, 2011; Tomásio, 2010; Xi-Hui et al., 2008).

Resultados

Casos de uso de los usuarios del DCS

A pesar de las diferencias estructurales, complejidad y operativas, existen muchos aspectos comunes, tales como: lineamientos y normas de diseño por parte del personal especializado del experimento y acelerador, tipo de software distribuido y su versión vigente, frameworks de diseño, alarmas, arquitecturas de software y hardware, y modelado con FSMs de los nodos; que deben ser cumplidas por todos los desarrolladores para integrar sus sistemas DCS de cada detector al sistema central de control del experimento. Con base en lo anterior, consideramos que se requiere de una metodología de diseño del software para facilitar y estandarizar el proceso de desarrollo del DCS. Primero, hay que establecer los requisitos funcionales y Casos de Uso (UC) del sistema desde el punto de vista de los principales actores y después definir los casos de uso derivados.

Inicialmente, los requisitos funcionales conducen a la definición de qué acciones debe ejecutar el sistema. Dichos requisitos se describen en forma de declaraciones que apuntan a los servicios que el sistema debe proporcionar y cómo debe comportarse en función de entradas o eventos específicos. También pueden explicar lo que el sistema no debe hacer (Cabanillas-Noris et al., 2016; Sommerville, 2011).

De igual forma, un caso de uso muestra un escenario general que define lo que un usuario en particular requiere del sistema. El modelado de cada caso de uso debe incorporar preferiblemente un diagrama y una descripción tabular del mismo. En este trabajo, la definición de los casos de uso del sistema de control se presenta en función de los tres actores principales (Fukunaga, 2002; Cabanillas-Noris et al., 2019; Mejía-Camacho et al., 2023), que son: Experto en el Detector (ED), Experto en el DCS Central (EDCSC) y Operador en el DCS Central (OCDSC), donde de manera general un actor puede ser una persona o un subsistema (software, módulos, navegador web, etc.).

1.- Casos de uso del Experto en el Detector (ED):

- a) Interacción software-usuario mediante el uso de interfaces gráficas.
- b) Configurar alarmas en parámetros relevantes.
- c) Definir las instrucciones de ayuda de las alarmas.
- d) Graficar el comportamiento de parámetros importantes relacionados con la calidad de los datos y estabilidad del detector.
- e) Modelar el comportamiento de los nodos (lógicos y físicos) de la arquitectura de software (FSMs).
- f) Diseñar sistema de enlace del software con los parámetros de la electrónica (FEE).
- g) Integrar el sistema de control del detector con el DCS central del experimento.
- h) Configurar de los parámetros de flujo que determinan las condiciones de operación.
- i) Configurar las restricciones de acceso al nodo del sistema basado en roles y privilegios.
- j) Operar y monitorear el sistema de energía.
- k) Configurar los parámetros de entrada conforme al tipo de corridas y/o condiciones especiales del acelerador o experimento.

2.- Casos de uso del Experto en el DCS Central del Experimento (ECDCS):

- a) Utilizar software y herramientas de diseño actualizadas.
- b) Operar adecuadamente en condiciones especiales del experimento u acelerador.
- c) Verificar el flujo y almacenamiento de los datos condicionales del DCS.
- d) Evaluar operativamente las interfaces gráficas de usuario (GUI) y FSMs.
- e) Revisar el enlace DCS-FEE.

3.- Casos de uso del Operador en el DCS Central (OCDCS):

- a) Monitorear adecuadamente las interfaces de usuario y de parámetros relevantes del detector.
- b) Operar el comportamiento de los nodos del DCS a través de FSMs.
- c) Atender alarmas e instrucciones de ayuda para detectores / subsistemas.
- d) Operar el estado del detector para condiciones especiales del acelerador y experimento (seguridad, inyección de haz, caída de haz, etc.).

Metodología RUP

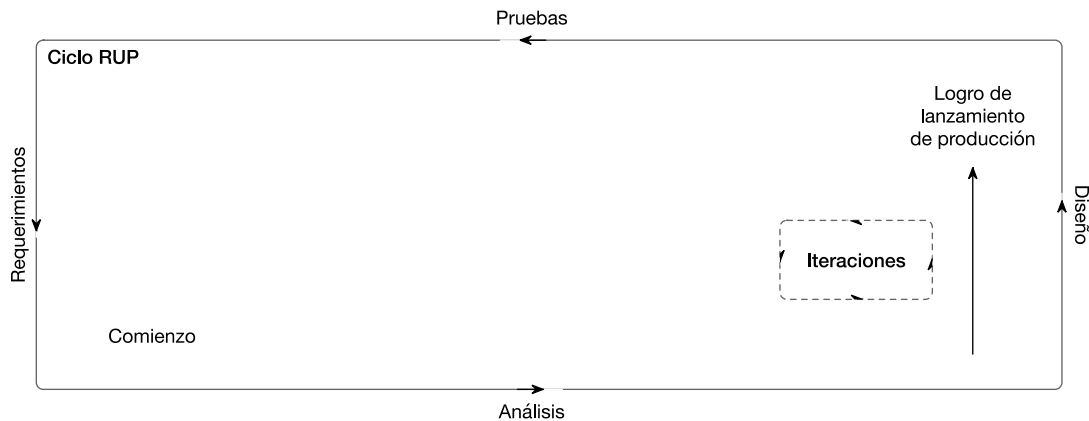
La metodología RUP es un lenguaje basado en casos, centrado en la arquitectura, iterativo e incremental. El proceso unificado se repite en una serie de ciclos, donde cada ciclo forma una versión del sistema (Jacobson, Booch y Rumbaugh, 2000; Castro, Cervantes y Velazco, 2016). Un ciclo en RUP consta de cuatro fases discretas en los procesos de desarrollo de software, que son:

- Comienzo. Logro de objetivos del ciclo de vida.
- Elaboración. Logro de la arquitectura del ciclo de vida.
- Construcción. Logro de capacidad operativa inicial.
- Transición. Logro de lanzamiento de producción.

Cada fase se puede presentar de forma iterativa con la entrega incremental de resultados o logros. Una iteración es un conjunto de las siguientes disciplinas o flujos de trabajo: requisitos, análisis, diseño y pruebas, como se muestra en la Figura 4.

RUP está directamente relacionado con el uso de diagramas de UML, por ser un lenguaje estándar para el modelado orientado a objetos (Kimmel, 2005; Fontela, 2012). Los modelos proporcionan información sobre los requisitos del sistema, en este caso, un Sistema de Control del Detector (DCS) para un experimento HEP de mediciones de alta precisión (Beltrán y González, 2003). Otro aspecto de los modelos es que pueden generar una abstracción para simplificar y seleccionar las características esenciales de un sistema. UML tiene muchos tipos de diagramas y muchos tipos de modelos de sistemas (ver Figura 5).

Figura 4. Diagrama de bloques del flujo de datos del detector y el procesamiento de datos en tiempo real.



Nota: Elaboración propia con información tomada de Sommerville (2011), Kimmel (2005) y Fontela (2012).

Las investigaciones han demostrado que usar solo cinco diagramas UML son suficientes para representar lo esencial de un sistema (Sommerville, 2011). En consecuencia, el diseñador del sistema requiere mantener un equilibrio entre eficiencia y complejidad con respecto al número de dichos diagramas UML. Los siguientes cinco diagramas UML se consideran para el desarrollo del nuevo DCS:

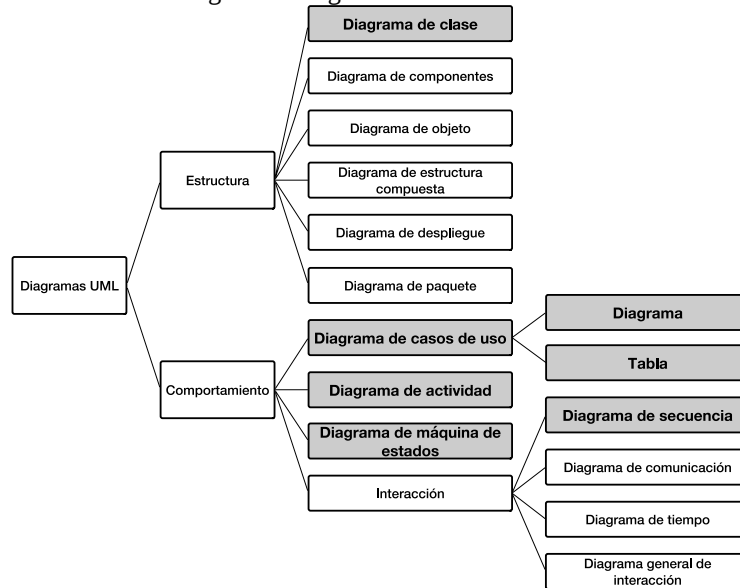
- Diagramas de clases: permiten describir la estructura de un sistema definiendo las clases, atributos, operaciones y relaciones entre los diferentes objetos.
- Diagramas de casos de uso: capturan la funcionalidad de un proceso a través de un conjunto de eventos que experimenta un actor.
- Diagramas de actividades: permite personalizar los casos de uso mediante la representación de actividades incluidas en un proceso o en el procesamiento de datos.
- Diagramas de estado: describe cómo debe comportarse el sistema ante eventos internos y externos en particular.
- Diagramas de secuencia: representan las interacciones continuas entre los actores y el sistema, y entre los componentes de este.

Análisis de áreas de oportunidad de la AI en el DCS del HEPs

Actualmente, los experimentos HEP tienen limitaciones en la recuperación de errores sin intervención humana durante la operación de los sistemas de control (De Cataldo et al., 2011). Por lo tanto, la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial en el DCS es una oportunidad de mejora para lograr la recuperación automática de errores y un rendimiento más estable del experimento.

Una fuente potencial de errores en un detector puede estar relacionada con la variación de los niveles de corriente y voltaje en las fuentes de alimentación de LV y HV; así como en los cambios en la temperatura, niveles de radiación, envejecimiento, entre otros. Lo que repercute en una disminución de la cantidad de carga y calidad de los datos obtenidos durante la toma física de datos del detector. Con esto en mente, la capacidad del DCS para aprender de los conjuntos de datos de dichos niveles sin programación explícita podría ayudar a reducir el tiempo de recuperación de errores, ya que la intervención de un humano será cada vez menos necesaria, conforme el DCS aprende de los conjuntos de datos de los niveles obtenidos de cada corrida del experimento HEP. Esta rama de la AI se conoce como Machine Learning (ML). En este caso, debe evaluarse la implementación de la propagación hacia adelante con Redes Neuronales Convolucionales (CNNs) y la implementación de la propagación hacia atrás con la Red Neuronal Recurrente (RNNs) (Mejía-Camacho, 2023; Dubiński et al., 2024). Considerando el factor X como los niveles mencionados anteriormente, mientras que la salida Y será definir si el error requiere la intervención humana para ser resuelto. Las descripciones de RNNs y CNNs para el experimento HEP también se pueden apreciar en la Figura 6.

Figura 5. Diagramas UML a utilizar.



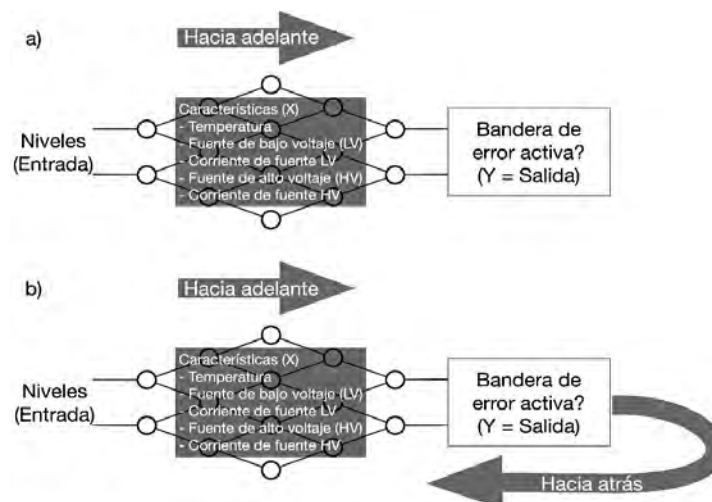
Nota: Elaboración propia con información retomada de Sommerville (2011), Kimmel (2005) y Fontela (2012).

Discusión

El diseño del DCS varía para cada detector debido a la diferencia entre el número de canales de datos, así como de los subsistemas requeridos para su operación y complejidad de estos últimos, principalmente. De tal manera que, este sistema de control debe ser personalizado para cada detector considerando lo anterior y de conformidad con los lineamientos y estándares de diseño del grupo de expertos en el DCS del experimento y del acelerador. A pesar de lo anterior, una metodología de diseño estandarizada, como la propuesta en este trabajo, podría facilitar la labor de los responsables de desarrollar estos sistemas que no cuentan con experiencia previa, así como de consulta para las dudas que pudieran tener los demás desarrolladores en determinado momento.

Por otro lado, a pesar de las bondades que pudiera tener la aplicación de los algoritmos de inteligencia artificial en actividades operativas de los sistemas de control en HEPs, no obstante, en un experimento con estas características existen considerables restricciones normativas a las que hay que apegarse y la necesidad de que el detector se encuentre siempre operativo para cualquier tipo de corrida que se requiera, principalmente las relacionados con las colisiones de partículas (físicas). Por lo que, cualquier modificación u actualización adicional a las convencionales requieren ser previamente evaluadas y revisadas por expertos en el DCS del experimento.

Figura 6. Machine Learning: a) CNNs y b) RNNs.



Nota: Elaboración propia con información tomada de Cataldo et al (2011).

Conclusiones

Este artículo recomienda la aplicación de una metodología de desarrollo, en este caso se utilizó RUP junto con los diagramas UML, u otra que determinen, para obtener información sobre los requisitos y casos de uso con que operará el sistema DCS, generar una abstracción del sistema, y seleccionar las características esenciales de dicho sistema. Todos estos esfuerzos están encaminados en facilitar las etapas de diseño, simulación y construcción del sistema de control para cumplir con los requisitos de mediciones de alta precisión de los detectores, que requieren de toma de datos físicos síncronos con procesamiento en tiempo real de un volumen masivo de datos; resultante de la combinación de la alta tasa de interacción y el gran tamaño del evento generado durante una corrida de colisiones de partículas. Prueba de ello, ha sido la participación de los autores en el desarrollo de sistemas de control de dos detectores mexicanos para estudios de física de alta energía.

Finalmente, se plantea como trabajo futuro una revisión e integración más exhaustiva de los algoritmos de inteligencia artificial para lograr la recuperación automática de errores; así como una herramienta para establecer los valores de los parámetros configurables (como voltaje, corriente y elementos de la electrónica) de los subsistemas al inicio de una corrida de toma de datos con base en el desempeño de corridas anteriores utilizando datos experimentales reales de un detector de partículas.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México / IT Culiacán por el apoyo brindado a través de la Convocatoria 2024: Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación.

Referencias bibliográficas

- Aamodt, K., Quintana, A. A., Achenbach, R., Acounis, S., Adamová, D., Adler, C., ... y Busch, O. (2008). The ALICE experiment at the CERN LHC. *Journal of Instrumentation*, 3(08), S08002.
- ALICE Collaboration. (2022, November 4). Letter of intent for ALICE 3: A next-generation heavy-ion experiment at the LHC. *ArXiv.org*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.02491>
- Acharya, S., Hernandez, R. A., Adamová, D., Adler, A., Adolfsson, J., Aguiaro, D., ... y Boca, G. (2024). ALICE upgrades during the LHC Long Shutdown 2. *Journal of Instrumentation*, 19(05), P05062.
- ALICE DCS. (2007). *The Standard DCS User Interface in ALICE*. Version 3.0.2. ALICE DCS User Interface Component. CERN. http://alicedcs.web.cern.ch/alicedcs/Software/Downloads/AliceDcsUi_v3.0.pdf
- Amos, I. (2008). *The ALICE Silicon Pixel Detector Control and Calibration Systems* [Tesis de Doctorado, Università Degli Studi Di Bari]. <https://cds.cern.ch/record/1103479?ln=es>
- Ananya, A., Poljak, N., y Zyzak, M. (2014). O2: A novel combined online and offline computing system for the ALICE Experiment after 2018. *IOP Publishing: Conference Series*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/513/1/012037/pdf>
- Beltrán, D., y González, M. (2003). A Proposal for Modeling the Control System for the Spanish Light Source in UML. In *Proceedings of the ICALEPCS2003* (pp. 264-268). <https://accelconf.web.cern.ch/ica03/PAPERS/TU501.PDF>
- Bordalo, P., Nunes, A. S., Pires, C., Quintans, C., & Ramos, S. (2012, May). Control systems: An application to a high energy physics experiment (COMPASS). In *Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics* (pp. 20-25). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AQTR.2012.6237669>
- Bortolin, C. (2011). *The ALICE experiment at CERN: development and commissioning of the cooling and control systems of the Silicon Pixel Detector and optimization of the LHC Exchange Interface project* [Tesis de Doctorado, Università Degli Studi Di Udine]. <https://cds.cern.ch/record/1454203/>
- Cabanillas-Noris, J.C., Martínez-Hernández, M. I., y León-Monzón, I. (2016). A Large Ion Collider Experiment (ALICE) Diffractive Detector Control System for RUN-II at the Large Hadron Collider. *International Journal of Computer and Systems Engineering*, 10(3), 118-129. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1123574>
- Cabanillas-Noris, J.C. (2017) *Desarrollo del Sistema de Control del Detector ADA/ADC del proyecto ALICE* [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Sinaloa]. <https://pci.uas.edu.mx/index.php/repositorio-de-tesis/>
- Cabanillas-Noris, J.C., León-Monzón, I., Martínez-Hernández, M.I., y Rojas-Torres, S. (2019, May). Analysis of Requirements for the Design of a Detector Control System in a High Energy Physics Experiment. In *7th Annual Conference on Large Hadron Collider Physics. 20-25 May* (p. 6). <https://pos.sissa.it/350/006/pdf>
- CAEN Company. (11 de Septiembre de 2024). *Power Supply*. www.caen.it
- Castro, L., Cervantes, H., y Velazco, P. (2016). *Arquitectura de Software. Conceptos y Ciclo de Desarrollo*. Cengage Learning, 166.
- CERN. (15 de Agosto de 2024). *About CERN*. <https://home.cern>.

- Chochula, P., Augustinus, A., Bond, P., Kurepin, A., Lechman, M., Pinazza, O., Rosinský, P., y Pinazza, O. (2013, Octubre). Operational experience with the ALICE Detector Control System. In *Proceedings ICALEPCS*. <https://accelconf.web.cern.ch/icalpcs2013/papers/frcoaab07.pdf>
- Chochula, P., Augustinus, A., Bond, P., Kurepin, A., Lechman, M., Lang, J.L., y Pinazza, O. (2017, Octubre). Challenges of the ALICE Detector Control System for the LHC RUN3. In *Proceedings ICALEPCS* (pp. 1-9). <https://accelconf.web.cern.ch/ICALPCS2017/papers/tumpl09.pdf>
- De Cataldo, G., Franco, A., Pastore, C., Sgura, I., y Volpe, G. (2011). The ALICE-HMPID Detector Control System: Its evolution towards an expert and adaptive system. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 639(1), 211-214. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2010.10.120>
- Diamond Light Source Synchrotron. (08 de Agosto de 2024). *About Diamond*. <https://www.diamond.ac.uk/Home/About.html>
- Dubiński, J., Deja, K., Wenzel, S., Rokita, P., y Trzciński, T. (2024, March). Machine learning methods for simulating particle response in the zero degree calorimeter at the ALICE experiment, CERN. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3061, No. 1). AIP Publishing. <https://cds.cern.ch/record/2875960/files/2306.13606.pdf>
- Esperante, D. (2010). *Design and Development of Electronics and the Control Software for the Silicon Tracker of LHCb* [Tesis de Doctorado, Universidad de Santiago de Compostela]. <https://cds.cern.ch/record/1385876/files/CERN-THESIS-2010-238.pdf>
- Fontela, C. (2012). *UML: modelado de software para profesionales*. Alpha Editorial.
- Franek, B., y Gaspar, C. (2004, Octubre). SMI++ object oriented framework for designing and implementing distributed control systems. In *IEEE Symposium Conference Record Nuclear Science 2004*. (Vol. 3, pp. 1831-1835). IEEE. <https://doi.org/10.1109/NSSMIC.2004.1462600>
- Fukunaga, C. (2000). Standardization of detector control systems. *Japanese Journal of Applied Physics*, 39(4R), 1898. <https://doi.org/10.1143/JJAP.39.1898>
- Jacobson, I., Booch, G., y Rumbaugh, J. (2000). *UML: el proceso unificado de desarrollo de software*. Addison-Wesley.
- Kimmel, P. (2005). *UML demystified*. McGraw-Hill, Inc.
- Lucas, F. (2009). *Design, Development and Verification of the Detector Control System for the TOTEM experiment at the CERN LHC* [Tesis de Doctorado. Universidad de Sevilla]. <https://cds.cern.ch/record/1188078/files/CERN-THESIS-2009-046.pdf>
- Mejía-Camacho, J.M. (2023). *Desarrollo de un Sistema de Control Inteligente para el Detector de FDD del Experimento ALICE para Operación en la Run 3 del LHC* [Tesis de Doctorado, Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Culiacán].
- Mejía-Camacho, J. M., Rodríguez-Ramírez, S.A., Cabanillas-Noris, J.C., Duarte-Galván, C., Fernández-Téllez, A., Finogeev, D., Gulbrandsen, K., Herrera-Corral, G., Karavicheva, T., León-Monzón, I., Martínez-Hernández, M.I., Rojas-Torres, S., Serebryakov, D., Slupecki, M., Sukhanov, M., Tejeda-Muñoz, G., Trzaska, W.H. y Vozniuk, N. (2023). Forward Diffractive Detector control system for Run 3 in the ALICE experiment. *Nuclear Instruments Methods in Physics Res., A*, 1050, 168146. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2023.168146>.
- Mercado, J. (2008). *Development of the control system of the ALICE Transition Radiation Detector and of a Test Environment for Quality-assurance of its Front-End Electronics* [Tesis de Doctorado, Universitat Heidelberg]. <https://cds.cern.ch/record/1292245?ln=es>
- Observatorio Pierre Auger. (23 de agosto de 2024). ¿Qué es la Radiación Cherenkov? <https://visitantes.auger.org.ar/index.php/que-es-la-radiacion-cherenkov/>
- Pitz, N. (2012). *Gas system, gas quality monitor and detector control of the ALICE Transition Radiation Detector and studies for a pre-trigger data read-out system* [Tesis de Doctorado. Goethe Universitat, Frankfurt]. <https://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/frontdoor/index/index/year/2012/docId/26317>
- Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de Software*. Pearson Educación.
- Synchrotron ALBA. (9 de Agosto de 2024). *About ALBA*. <https://www.cells.es/es/que-es-alba/bienvenida>
- Tomásio, J.A. (2010). *The Control System of the ATLAS/TILECAL* [Tesis de Doctorado, Universidad de Lisboa]. <https://cds.cern.ch/record/915086>
- Xi-Hui, C., Xiao-Xi, X., Xiao-Nan, L., Cui-Shan, G., Yin-Hong, Z., Zhen-Dong, N., Jian., M., y Yi-Gang, X. (2008). Design and implementation of the detector control system for the BESIII drift chamber cosmic ray test. *Chinese Physics C*, 32(8), 649. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1674-1137/32/8/012>



OPORTUNIDADES DE NEGOCIO SOSTENIBLE PARA EL APROVECHAMIENTO DEL PEJELAGARTO (*ATRACTOSTEUS TROPICUS*) EN EL SURESTE MEXICANO

Roger Notario-Priego¹, Diana Rubí Oropeza-Tosca²,
Karina González-Izquierdo³, Kleber Zacarías-Bernal⁴,
Eugenio Josué Campos-Donato⁵

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 12/08/2024 Aceptado: 13/11/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a10>

Resumen. Este estudio se centró en investigar el potencial del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) como un recurso clave para el desarrollo económico sostenible en las comunidades rurales de Tabasco. Mediante un enfoque participativo, se identificaron oportunidades de negocio que no solo fomentan el crecimiento económico, sino que también contribuyen a la conservación de la biodiversidad local. La fuerte conexión cultural entre el pejelagarto y los habitantes de la región se presenta como una ventaja competitiva, permitiendo el desarrollo de productos derivados que pueden satisfacer tanto la demanda local como la de mercados turísticos especializados. Además, la valorización de este recurso puede generar ingresos que promueven la cohesión social y el empoderamiento comunitario, facilitando el acceso a oportunidades económicas. El proyecto propone implementar estrategias que integren la sostenibilidad y la cultura local, lo que no solo potenciaría el impacto positivo en la economía de las comunidades, sino que también garantizaría la preservación del patrimonio cultural y natural. Este enfoque integral es esencial para impulsar un desarrollo económico resiliente y sostenible en la región, contribuyendo a un futuro más equitativo y próspero para sus habitantes.

Palabras Clave: Gestión de recursos, Ecosistema, Cooperativa, Creación de empleos, Animal acuático.

SUSTAINABLE BUSINESS OPPORTUNITIES FOR THE UTILIZATION OF PEJELAGARTO (*ATRACTOSTEUS TROPICUS*) IN SOUTHEAST MEXICO

Abstract.- This study focused on investigating the potential of the pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) as a key resource for sustainable economic development in rural communities of Tabasco. Through a participatory approach, business opportunities were identified that not only promote economic growth but also contribute to the conservation of local biodiversity. The strong cultural connection between the pejelagarto and the region's inhabitants serves as a competitive advantage, allowing for the development of derivative products that can meet both local demand and that of specialized tourist markets. Furthermore, the valuation of this resource can generate income that fosters social cohesion and community empowerment, facilitating access to economic opportunities. The project proposes implementing strategies that integrate sustainability and local culture, which would not only enhance the positive impact on the communities' economy but also ensure the preservation of cultural and natural heritage. This comprehensive approach is essential for promoting resilient and sustainable economic development in the region, contributing to a more equitable and prosperous future for its inhabitants.

Keywords: Resource Management, Ecosystem, Cooperative, Job Creation, Aquatic Animal.

Introducción

El pejelagarto (*Atractosteus tropicus*), una especie endémica de las aguas del sureste de México es un símbolo cultural profundamente arraigado en la gastronomía de Tabasco, sino también una fuente potencial de desarrollo económico para las comunidades rurales de la región (Márquez et al., 2013). A lo largo de los años, el pejelagarto ha sido valorado

¹ Profesor Investigador Doctor en Alta Dirección. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de Ingeniería Industrial. <https://orcid.org/0009-0009-3175-5119> rogerfactor@hotmail.com

² Profesora Investigadora Doctora en Educación. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de Ingeniería Química, Bioquímica y Ambiental. <https://orcid.org/0009-0007-7330-3167> diana.ot@villahermosa.tecnm.mx (**Autor correspondiente**).

³ Profesora Investigadora Maestra en Administración. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de ciencias económico- administrativas. <https://orcid.org/0009-0005-0769-2868> karina.gi@villahermosa.tecnm.mx

⁴ Profesor Investigador Ingeniero Bioquímico. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de Ingeniería Química, Bioquímica y Ambiental. <https://orcid.org/0009-0008-4528-8526> kleber.zacaeiasb@villahermosa.tecnm.mx

⁵ Profesor Investigador Maestro en Ingeniería Energética. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de ingeniería industrial. <https://orcid.org/0009-0005-2884-4656> eugenio.cd@villahermosa.tecnm.mx

por su versatilidad culinaria y por su lugar en las tradiciones tabasqueñas, siendo parte fundamental de festividades y platos típicos como asado (Oropeza et al., 2024), minilla, empanadas, tamales, chilmore con semilla de calabaza y tortillas de maíz tostado, en verde (Pérez, 2023) con chipilín o en caldo con tomate y plátanos verdes sancochados.

Sin embargo, la sobreexplotación de este recurso y la falta de una estrategia de comercialización sostenible han limitado su aprovechamiento a gran escala, lo que plantea la necesidad de modelos de negocios que combinen prácticas responsables de pesca y procesos innovadores para su producción y venta. El desarrollo de oportunidades de negocio sostenibles alrededor del pejelagarto (Palacios et al., 2023) ofrece un camino para fortalecer la economía de las comunidades (Vázquez Navarrete, 2018) mientras se preserva la biodiversidad de la región. A través de un modelo de negocio sostenible que incluya la pesca regulada, la innovación en productos derivados y la comercialización responsable, es posible generar ingresos para las comunidades pesqueras del sureste mexicano al tiempo que se respeta el equilibrio ambiental y se procura la conservación para futuras generaciones.

Esta investigación busca identificar las áreas clave donde se pueden implementar modelos de negocio basados en el pejelagarto, considerando tanto las condiciones del mercado como la participación de las comunidades locales en la gestión sostenible de los recursos. En este artículo se investiga las oportunidades de negocio asociadas al pejelagarto, basadas en un análisis de mercado y un enfoque participativo con las comunidades rurales. Se analizan las perspectivas de los consumidores, los retos en la cadena de valor y el potencial de diversificación de productos (Palma Cancino et al., 2019) para atraer tanto al mercado como al turismo gastronómico. Además, se discute la importancia de integrar prácticas modernas de procesamiento y comercialización con el conocimiento tradicional de las comunidades, con el fin de desarrollar un modelo de negocio sostenible que favorezca el desarrollo económico y la conservación ambiental.

A pesar de ser un recurso natural que es emblemático (Ríos Flores et al., 2024) en la región del sureste mexicano y reconocido en el país y el mundo, el pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) enfrenta varias limitantes para su aprovechamiento sostenible y la creación de oportunidades de negocio a gran escala. La sobreexplotación del pejelagarto, la falta de regulación adecuada en las prácticas de pesca y la carencia de infraestructura moderna para su procesamiento han afectado tanto la conservación de la especie como su viabilidad comercial, al no aprovecharse y consumirse de manera artesanal en mercados y ventas en restaurantes en corredores turísticos en micronegocios de manera tradicional.

A esto se suma el escaso conocimiento sobre las normativas de calidad alimentaria y el etiquetado adecuado en las comunidades pesqueras para observarlo con una visión industrial y empresarial, la carencia de educación media y superior y la falta de capacitación en técnicas específicas para pesca sostenible (Cámara y Santero Sánchez, 2019), producción de alimentos, turismo o de conservación, impide que los productos derivados del pejelagarto (Oropeza et al., Enhancing market access for pejelagarto products through sustainable practices, 2024) accedan a mercados más amplios y exigentes en el sureste, en el país e incluso en el extranjero. En paralelo, las comunidades rurales que dependen del pejelagarto para su sustento y con el que podrían tener mejores ingresos de aprovecharlo de manera sostenible (Alemu y Azadi, 2018) carecen de los recursos necesarios para agregar valor a los productos que ofrecen, limitando su capacidad para innovar en la presentación y comercialización de productos derivados.

Esta falta de diversificación en la oferta de productos reduce las oportunidades de atraer tanto a consumidores como el acceso al mercado del turismo gastronómico dada la cercanía a oportunidades como el tren o la Riviera maya, lo cual podría proporcionar una fuente estable de ingresos. Sin una estrategia clara que combine la sostenibilidad con el desarrollo económico, las oportunidades de negocio alrededor del pejelagarto siguen siendo limitadas y se corre el riesgo de perder un recurso clave tanto cultural como económicamente.

Materiales y métodos

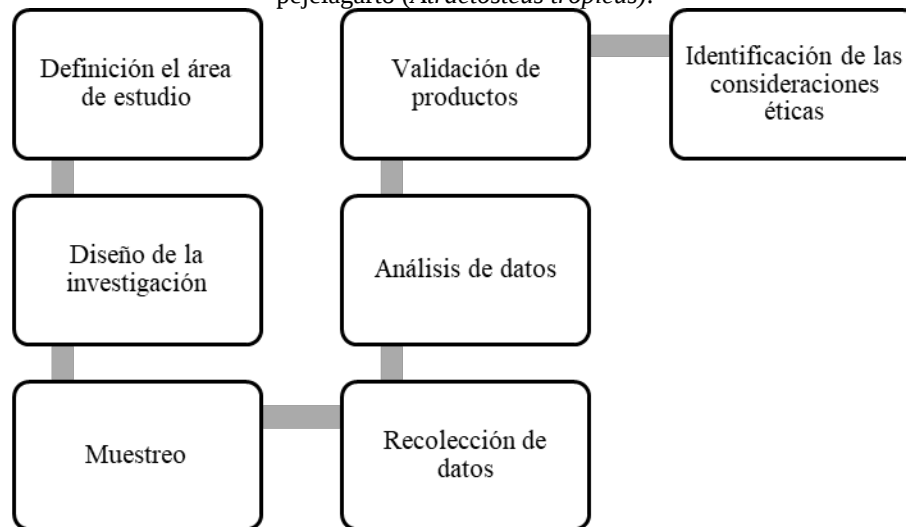
1. Área de estudio.

El presente estudio se llevó a cabo en las comunidades rurales de Tabasco, México, donde el pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) es una especie endémica y de importancia cultural. Se seleccionó la cooperativa pesquera para el análisis: Pescadores De Boca Del Campo S.C. de R.L. de C.V. constituida por 44 mujeres y 44 hombres, con la finalidad de evaluar las oportunidades de negocio sostenible en esta localidad. Esta cooperativa cuenta con experiencia en la pesca del pejelagarto y están interesadas en implementar modelos de negocio sostenibles que promuevan tanto el desarrollo económico como la conservación de la especie.

2. Diseño de la investigación

La investigación siguió un enfoque mixto: cualitativo y cuantitativo (Andrade et al., 2021), combinando técnicas de entrevistas semiestructuradas, encuestas a los miembros de la cooperativa y análisis de mercado de productos derivados del pejelagarto (empanadas, tamales, etc.). Se desarrolló un diagnóstico participativo para identificar los conocimientos locales sobre el manejo del recurso y las prácticas tradicionales de procesamiento. Asimismo, se aplicó un cuestionario estructurado a consumidores locales y visitantes para determinar sus preferencias de consumo y disposición a pagar por productos derivados del pejelagarto. La Figura 1 muestra las etapas de la metodología de investigación utilizadas en el proyecto.

Figura 1. Etapas de la metodología de investigación para oportunidades de negocio para el aprovechamiento del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*).



Nota: Elaboración propia con los pasos seguidos durante la investigación (2024).

Muestreo

Para las entrevistas, se seleccionó una muestra intencional de 30 pescadores y miembros de la cooperativa involucrada (comunidad pesquera) (Delgado Ramírez et al., 2023), mientras que para las encuestas de mercado se utilizó una muestra de 100 consumidores y turistas del mismo estado de Tabasco que frecuentan los mercados de productos típicos de Tabasco. El tamaño de la muestra fue determinado para asegurar una representatividad adecuada dentro del contexto rural de las comunidades y en función de los recursos disponibles. Las encuestas y entrevistas permiten obtener conocimiento sobre las condiciones de los integrantes de la cooperativa pesquera, como manejan sus recursos y como mejorarlos (Silvano y Hallwass, 2020).

Instrumentos

Se diseñaron tres instrumentos principales: Entrevistas semiestructuradas. Utilizadas para recoger datos sobre las percepciones de los pescadores en cuanto a la sostenibilidad de la pesca del pejelagarto y las barreras para su comercialización (Howarth et al., 2024). Cuestionarios. Aplicados a los consumidores para evaluar sus hábitos de consumo de productos derivados del pejelagarto, como empanadas y tamales, y su interés en productos conforme a las normas mexicanas. Grupos focales. Realizados con mujeres emprendedoras de la cooperativa (Andrade et al., 2021) para discutir el desarrollo de productos de valor agregado.

Análisis de datos

Los datos cualitativos obtenidos de las entrevistas y grupos focales fueron analizados mediante codificación temática léxico-semántica utilizando ChatGPT (Bryda y Sadowski, 2024) para identificar patrones recurrentes (Rogers, 2023) en las percepciones sobre la sostenibilidad, las oportunidades de negocio y los desafíos en la comercialización del pejelagarto. Los datos cuantitativos derivados de las encuestas fueron analizados con técnicas descriptivas, se aplicó el análisis PESTEL (Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico y Legal) (Sigcha et al., 2021) a partir de la codificación temática, lo que permitió establecer relaciones entre las características demográficas de los consumidores y su disposición a pagar por productos derivados del pejelagarto.

Validación de productos

Se desarrollaron prototipos de productos derivados del pejelagarto (tamales, empanadas) que fueron presentados en un evento a posibles consumidores, permitiendo recoger retroalimentación sobre su aceptación, precio percibido y mejoras sugeridas. Esta fase sirve para validar las propuestas de negocio y ajustar el proceso de producción antes de una implementación a mayor escala con un enfoque sostenible (Wang y Su, 2022).

Consideraciones éticas

Este estudio fue realizado con pleno respeto a las normas éticas en investigación comunitaria (Yip et al., 2016), obteniendo el consentimiento informado de todos los participantes y asegurando la confidencialidad de la información proporcionada por la cooperativa y los consumidores. En ningún momento se solicitaron datos personales que pudieran referenciar a la persona que responde para proteger la credibilidad de sus respuestas y aumentar la confiabilidad de la investigación.

Resultados

1. Perfil de los participantes.

El estudio involucró a 30 pescadores pertenecientes a la cooperativa pesquera de Centro, Tabasco y a 100 consumidores de Tabasco. El análisis sociodemográfico mostró que la mayoría de los pescadores tenía una edad promedio de 45 años, con al menos 15 años de experiencia en la pesca del pejelagarto. Las mujeres que participaron en los grupos focales estaban interesadas en agregar valor a los productos derivados del pejelagarto, principalmente empanadas y tamales, para su venta en mercados locales.

2. Percepciones sobre la pesca y la sostenibilidad.

Las entrevistas revelaron que los pescadores reconocen la necesidad de adoptar prácticas sostenibles para preservar las poblaciones de pejelagarto, pero carecen de los recursos y la capacitación necesarios para implementar estas prácticas de manera efectiva. La mayoría expresó interés en participar en programas de capacitación sobre pesca sostenible y producción de alimentos que les permitieran mejorar sus ingresos. Sin embargo, mencionaron que la falta de infraestructura adecuada y financiamiento son barreras clave para expandir sus actividades. Cabe mencionar que esta actividad pesquera puede ser llevada e incursionar en el campo del turismo gastronómico o ecoturismo, en donde puedan participar con restaurantes a lado de un muelle, frente al río o la laguna, creación de mercados gastronómicos para visitantes, entre otras ideas que fortalezcan el comercio y la formación de micronegocios (Balsas, 2024).

3. Preferencias de los consumidores.

Los resultados de las encuestas mostraron que el 75% de los consumidores locales ya consumen productos derivados del pejelagarto, principalmente en fines de semana y eventos festivos. El 85% de los encuestados indicó que estarían dispuestos a pagar más por productos derivados del pejelagarto si estos contaran con certificaciones de calidad y fueran empaquetados de manera atractiva, con una marca distintiva de Tabasco, con buena calidad o sabor. Así mismo, manifestaron un alto interés en probar productos como empanadas de pejelagarto, lo que sugiere que el turismo gastronómico tiene un gran potencial como mercado para estos productos (Suhartanto et al., 2017).

4. Validación de productos.

Durante la validación de los productos en el evento realizado, los consumidores dieron una retroalimentación positiva sobre el sabor y la presentación de las empanadas y tamales de pejelagarto. Las sugerencias de mejora incluyeron la necesidad de ampliar la gama de productos, agregar información nutricional en el empaque que se les dé y ofrecer porciones pequeñas para facilitar el consumo personal. En términos de precios, los consumidores locales indicaron una disposición a pagar entre un 10% y 20% más por productos que utilicen ingredientes donde su origen sea de prácticas de producción sostenibles.

5. Identificación de barreras y oportunidades.

El análisis de datos cualitativos reveló que las principales barreras para la comercialización del pejelagarto son la falta de conocimiento sobre normativas de etiquetado, la limitada infraestructura de procesamiento y la distancia de las comunidades rurales a los principales mercados. Sin embargo, también se identificaron oportunidades, como el desarrollo de alianzas con cooperativas del Estado o la región y la participación en ferias gastronómicas para promocionar productos derivados del pejelagarto en un contexto de turismo sostenible como la Feria Tabasco Las fiestas del Queso o las Ferias del Chocolate (Gobierno del Estado de Tabasco, 2024) entre otros.

6. Análisis PESTEL (Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico y Legal):

- **Político.** Las políticas ambientales de México, así como las regulaciones en torno a la pesca y el manejo sostenible de especies endémicas como el pejelagarto, representan un factor muy importante. Desarrollar normativas que promuevan la sostenibilidad y la conservación pueden favorecer el desarrollo de negocios responsables, pero también exigir un estricto cumplimiento de leyes que regulen la pesca y el procesamiento del pejelagarto son importantes para su conservación y aprovechamiento.
- **Económico.** El mercado del pejelagarto tiene un gran potencial, tanto a nivel local como en el turismo gastronómico. La disposición de los consumidores a pagar más por productos sostenibles ofrece una oportunidad para desarrollar productos de valor agregado. Sin embargo, la falta de infraestructura y financiamiento adecuado sigue siendo un obstáculo que limita el acceso a mercados más amplios.
- **Social.** El Pejelagarto tiene un profundo significado cultural en la región de Tabasco, lo que refuerza su comercialización como producto emblemático. Involucrar a las comunidades rurales en el desarrollo de estos negocios puede empoderar a las cooperativas y generar empleo, especialmente en las mujeres emprendedoras que participaron en la validación de productos.
- **Tecnológico.** La falta de tecnología en el procesamiento y etiquetado de productos derivados del pejelagarto es un reto. Sin embargo, la incorporación de tecnologías modernas, como sistemas de envasado al vacío y métodos avanzados de acuicultura, puede mejorar la eficiencia y calidad de los productos, permitiendo su inserción en mercados más competitivos.
- **Ecológico.** La conservación del pejelagarto y su hábitat es un tema central. Implementar prácticas de pesca sostenible (Defeo y Vasconcellos, 2020) y mejorar la cría en cautiverio son opciones para garantizar la viabilidad a largo plazo del recurso. El uso responsable de los ecosistemas acuáticos de Tabasco y la educación ambiental para las comunidades son aspectos clave para equilibrar la explotación del pejelagarto con la conservación de la biodiversidad.
- **Legal.** Cumplir con normativas como la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 para el etiquetado de alimentos preenvasados es de suma importancia para garantizar que los productos derivados del pejelagarto puedan comercializarse en mercados formales. Asimismo, las licencias de pesca y las regulaciones para la acuicultura deben cumplirse para asegurar que las operaciones sean legales y sostenibles.

Modelos de negocios propuestos:

Modelo de negocio basado en la acuicultura sostenible

Este modelo se enfoca en la cría controlada del pejelagarto en sistemas de recirculación acuícola (RAS). La acuicultura sostenible busca optimizar el crecimiento y la supervivencia del Pejelagarto mediante el uso de alimentos específicos y tecnologías avanzadas que reduzcan el impacto ambiental. Este modelo es aplicable tanto para la venta de carne fresca como para la producción de productos derivados (tamales, empanadas). La venta podría estar enfocada tanto en mercados locales como en distribuidores nacionales que promuevan productos ecológicos.

Modelo de negocio de productos derivados del pejelagarto

Basado en el procesamiento y comercialización de productos tradicionales como empanadas y tamales de pejelagarto, este modelo permite agregar valor a la materia prima y acceder a mercados más especializados. Este tipo de negocio podría estar dirigido a turistas y a consumidores locales interesados en productos tradicionales, pero con certificaciones de calidad y sostenibilidad. El valor cultural del pejelagarto en la región lo convierte en un producto atractivo para el turismo gastronómico. Estos productos pueden ser ordenados a través de aplicaciones o sitios webs en donde puedan hacerse peticiones bajo demanda, evitando la producción excesiva (Barbeito Morandeira, et al., 2024).

Modelo de cooperativa comunitaria con enfoque en el turismo gastronómico

Este modelo fomenta la creación de cooperativas donde los pescadores y sus familias se organizan para gestionar tanto la pesca como el procesamiento y comercialización de productos del pejelagarto. Las cooperativas también pueden ofrecer experiencias turísticas vinculadas a la gastronomía, permitiendo a los visitantes participar en la elaboración de platillos típicos con pejelagarto, integrando el valor cultural y ambiental en una experiencia única para el turista. Esta estrategia no solo diversifica las fuentes de ingresos, sino que también fortalece la cohesión social y la economía local.

Modelo de negocio con enfoque en la exportación de productos gourmet

Dado que el pejelagarto es un pez exótico con características únicas, existe la posibilidad de desarrollar un mercado gourmet en el extranjero. Este modelo podría enfocarse en exportar productos de alta calidad, tales como carne procesada, envasada al vacío y etiquetada bajo estándares internacionales de sostenibilidad. Los productos derivados

del pejelagarto podrían posicionarse en mercados de nicho en países interesados en la gastronomía exótica y en productos con valor ecológico.

Modelo de negocio circular

Un modelo de negocio circular puede ser implementado en las comunidades pesqueras de Tabasco, donde los residuos del pejelagarto, como pieles y huesos, se reutilizan en la producción de otros productos, como suplementos alimenticios o fertilizantes orgánicos. Esto minimiza el desperdicio y maximiza el aprovechamiento del recurso, al mismo tiempo que promueve la sostenibilidad y la innovación en la industria pesquera local.

Discusión

Los resultados de este estudio proporcionan una visión clara de las oportunidades y desafíos asociados con el aprovechamiento sostenible del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) en las comunidades rurales de Tabasco. En primer lugar, la percepción positiva de los consumidores hacia los productos derivados del pejelagarto revela un mercado prometedor, especialmente en el sector del turismo gastronómico. La disposición de los consumidores a pagar un precio más alto por productos que ofrezcan garantías de sostenibilidad y calidad certificada coincide con investigaciones previas que destacan la importancia de la diferenciación en productos locales para atraer a turistas y consumidores interesados en prácticas responsables y darles valor agregado a sus productos (Rosendahl, 2024).

Además, el interés mostrado por los pescadores en adoptar prácticas sostenibles sugiere una apertura hacia la transformación de sus métodos de pesca y procesamiento. Sin embargo, la falta de capacitación y recursos sigue siendo un obstáculo importante. Investigaciones anteriores en el ámbito de la pesca sostenible han señalado que la capacitación técnica y el acceso a tecnología son cruciales para la implementación exitosa de modelos de negocio sostenibles en comunidades rurales (Ringer et al., 2024). La integración de programas de formación y asistencia técnica, como los que podrían ofrecer las cooperativas locales o iniciativas académicas sería fundamental para superar estas barreras y permitir la escalabilidad del negocio.

Los resultados de las encuestas a consumidores también revelan una fuerte conexión cultural con el consumo del pejelagarto, lo que respalda la idea de que este recurso tiene un valor simbólico que va más allá de su simple uso comercial. El hecho de que el 70% de los consumidores lo consuma regularmente en fines de semana y festividades indica que su comercialización puede beneficiarse de estrategias de marketing que resalten su valor cultural, como ha sido documentado en otros estudios de recursos endémicos incluso aplicando empaques con eventos temáticos. Esta conexión cultural puede ser un pilar clave para desarrollar productos diferenciados que apelan tanto al mercado local como al turismo internacional.

En cuanto a la validación de productos, las sugerencias de los consumidores para mejorar el empaque y la gama de productos destacan la necesidad de innovar en la presentación y diversificación de la oferta. Este tipo de mejoras puede atraer a un público amplio y permitir a las cooperativas rurales incrementar su competitividad en el mercado. Esto concuerda con estudios previos que sugieren que la innovación en productos locales, cuando está alineada con las expectativas de los consumidores, puede generar un crecimiento económico significativo (Zilberman et al., 2022).

La falta de infraestructura sigue siendo uno de los mayores desafíos identificados. A pesar del potencial de los productos derivados del pejelagarto, las dificultades logísticas y de transporte limitan su acceso a mercados más amplios. La participación en ferias y la creación de alianzas estratégicas con otras cooperativas, familias que tengan el incentivo de trabajar y colaborar (Newbery y Bosworth, 2014) o empresas privadas pueden mitigar este problema y facilitar la expansión de las operaciones comerciales. Estas estrategias se han demostrado efectivas en otros contextos rurales para superar las barreras de comercialización y mejorar las oportunidades de negocio sostenible.

Como recomendación para próximas investigaciones se sugiere que, al analizar el desarrollo social y la pesca sostenible, se pueden considerar diversos factores interrelacionados que influyen tanto en la calidad de vida de las comunidades pesqueras como en la sostenibilidad de los recursos de los cuales dependen. Uno de los principales problemas que enfrentan estas comunidades es la pobreza, lo que limita su capacidad para acceder a recursos adecuados y a mercados que valoren los productos derivados de prácticas de pesca responsable. Esta falta de acceso también impide la inversión en tecnologías sostenibles que podrían mejorar tanto los medios de subsistencia como la conservación de los ecosistemas acuáticos.

El empleo es otra cuestión crítica, ya que la pesca, aunque es una fuente primaria de ingresos en muchas áreas rurales, generalmente se caracteriza por trabajos informales y precarios. Para mejorar las condiciones laborales y la calidad de vida de los pescadores, se pueden implementar políticas que fortalezcan el empleo formal y ofrezcan mejores condiciones de trabajo. La inclusión social es particularmente importante en el contexto de la pesca a pequeña escala, especialmente en países como México, donde las mujeres y los jóvenes pueden enfrentar una mayor exclusión. Promover la equidad de género y la participación de estos grupos puede generar un impacto positivo en la economía local, así como en la cohesión social.

En cuanto a la salud, muchas comunidades pesqueras tienen un acceso limitado a servicios médicos adecuados encontrándose estos centros de salud a una hora de distancia o más, lo que puede repercutir negativamente en su productividad y bienestar general. Asimismo, el acceso a una educación de calidad es básica para el desarrollo sostenible. Sin acceso a la educación y a la alfabetización, las comunidades pesqueras no pueden mejorar sus habilidades, incrementar sus conocimientos ni adoptar prácticas más sostenibles.

El acceso a una vivienda adecuada también es un aspecto que se debe procurar para mejorar la calidad de vida de las comunidades pesqueras, muchas de las cuales carecen de una infraestructura básica adecuada. La provisión de agua potable, saneamiento adecuado y energía es otro problema importante que enfrentan estas comunidades. La falta de estos servicios básicos afecta directamente la salud y la capacidad productiva de los pescadores. El cambio climático es una amenaza significativa que afecta a las comunidades pesqueras al alterar los ecosistemas acuáticos de los cuales dependen, por lo que es necesario investigar más sobre estrategias que puedan ser implementadas para mitigar estos efectos.

La violencia de género en las comunidades pesqueras es un problema relevante que afecta la cohesión social y las oportunidades de las mujeres dentro del sector pesquero (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022). Abordar esta problemática mediante programas específicos contribuirá a fortalecer la cohesión social y a mejorar las oportunidades de desarrollo para las mujeres, en donde el acceso a recursos producto de la pesca familiar pueda ser administrado y gestionado libre de violencia. El acceso a la justicia es importante para que los pescadores puedan proteger sus derechos y participar en la gobernanza de los recursos pesqueros libre de corrupción e intermediarios. Sin acceso a recursos legales adecuados, las comunidades pesqueras se encuentran en desventaja para defender sus intereses y promover un desarrollo social más equitativo (Barros, 2021).

Conclusiones

Este estudio revela el significativo potencial del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) como un recurso clave para el desarrollo económico sostenible en las comunidades rurales de Tabasco. A través de un enfoque participativo, se han identificado oportunidades de negocio que no solo promueven el crecimiento económico, sino que también contribuyen a la preservación de la biodiversidad local. La fuerte conexión cultural entre el pejelagarto y los habitantes de la región es una ventaja competitiva que permite el desarrollo de productos derivados que pueden satisfacer tanto la demanda local como la de mercados turísticos especializados.

No obstante, persisten varios desafíos importantes que deben abordarse para que estos modelos de negocio sean efectivos. En primer lugar, la falta de infraestructura adecuada en las cooperativas pesqueras limita la capacidad de procesamiento y comercialización de productos derivados del pejelagarto. Este problema se agrava con la escasa capacitación en prácticas sostenibles de pesca y producción, lo que reduce la competitividad de las comunidades rurales en mercados más amplios. Para superar estos obstáculos, es esencial implementar programas de formación técnica que permitan mejorar la calidad de los productos y acceder a nuevos mercados, tanto nacionales como internacionales.

El estudio subraya la necesidad de adoptar un enfoque integrado que combine el uso de tecnologías innovadoras con el respeto por las tradiciones locales y la gestión sostenible de los recursos naturales. La acuicultura sostenible y el desarrollo de productos con valor agregado, como empanadas y tamales de pejelagarto, pueden ser oportunidades viables para diversificar la economía local, atraer el turismo gastronómico y conservar los ecosistemas acuáticos donde habita esta especie.

Asimismo, es crucial fortalecer las alianzas estratégicas entre cooperativas pesqueras, instituciones académicas y empresas privadas, ya que estas colaboraciones pueden ofrecer el apoyo necesario para superar las barreras económicas y logísticas que enfrentan los pequeños productores. Al crear una cadena de valor sostenible y competitiva, se

maximizará el aprovechamiento del pejelagarto, potenciando tanto el crecimiento económico como la conservación ambiental en la región.

Con el apoyo adecuado, el pejelagarto tiene el potencial de convertirse en un motor de desarrollo económico inclusivo y resiliente en Tabasco, equilibrando la sostenibilidad ecológica con el bienestar socioeconómico (Rashid, 2020) de las comunidades rurales. Las oportunidades están presentes, y mediante el enfoque correcto, esta especie emblemática puede convertirse en un catalizador para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo local sostenible.

Referencias bibliográficas

- Alemu, A., y Azadi, H. (2018). SFish value chain and its impact on rural households' income: Lessons learned from Northern Ethiopia. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su10103759>
- Andrade, M., Brown, S., y Clark, J. (2021). Group dynamics in cooperative ventures: Challenges and opportunities for rural women entrepreneurs. *ommunity Studies Journal*, 45(2), 130-147.
- Balsas, C. J. (2024). "Coastal Waterfront Transformations, Fishing Structures, and Sustainable Tourism". *Sustainability*, 16(15). <https://doi.org/10.3390/su16156313>
- Barbeito Morandeira, P., Pita, C., y Cottier, A. (2024). *Fisheries for a new era: Alternative small-scale low-impact fisheries business models that are good for people and planet*. *Seas At Risk*. . <https://seas-at-risk.o>
- Barros, K. R. (2021). *Desarrollo social y pesca sostenible: Brasil. International Collective in Support of Fishworkers (ICSF)*. . https://www.icsf.net/wp-content/uploads/2022/11/930.ICSF225_Social_Development_Brazil.pdf
- Bryda, G., y Sadowski, D. (2024). Análisis cualitativo innovador utilizando herramientas de IA: Nuevas perspectivas para la investigación comunitaria. *Computes Suported Qualitative Research*, 106(1). https://doi.org/10.1007/978-031-65735-1_19
- Cámara, A., y Santero Sánchez, R. (2019). Challenges in sustainable fishing practices: The case of Pejelagarto in Southeast Mexico. *Aquaculture Reports*, 15, 100-110.
- Defeo, O., y Vasconcellos, M. (2020). Transición hacia un enfoque ecosistémico de la pesca: Lecciones aprendidas de pesquerías de América del Sur. *Roma: FAO Documento técnico de pesca y acuicultura* (668). <https://doi.org/10.4060/cb2229es>
- Delgado Ramírez, M., Ortiz, G., y Santos, L. (2023). Innovative qualitative analysis using AI tools: New perspectives for community research. *Journal of Research Methodologies*, 30(1), 78-79.
- Gobierno del Estado de Tabasco. (20 de octubre de 2024). Feria Tabasco: <https://feriatabasco.com.mx/>
- Howarth, J., Feldman, R., y Oliveira, M. (2024). Barriers to sustainable fisheries in rural Mexico: A socio-economic perspective. *Environmental and Socio-economic Research*, 29(4), 192-204.
- Márquez, A., Oropeza, J., y Palacios, R. (2013). *El Pejelagarto (Atractosteus tropicus) como recurso cultural y económico en Tabasco*.
- Newbery, R., y Bosworth, G. (2014). *The character of rural business relations*. In E. Kasabov. https://doi.org/https://doi.org/10.1057/9781137348890_2
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. . (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura: acuicultura <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Oropeza, J., Palacios, R., y Vázquez Navarrete, M. (2024). Enhancing market access for Pejelagarto products through sustainable practices. *Environmental Management Journal*, 29(4), 200-216.
- Oropeza, J., Pérez, M., y Palacios, R. (2024). *Sustainable business opportunities for Pejelagarto: A cultural and economic perspective*.
- Palacios, R., Vázquez Navarrete, M., y Palma Cancino, E. (2023). *Business models for sustainable development: The case of Pejelagarto in Southeast Mexico*.
- Palma Cancino, E., Oropeza, J., y Márquez, A. (2019). *Market analysis and product diversification for Pejelagarto: Opportunities and challenges*. .
- Pérez, M. (2023). *Culinary traditions of Tabasco: The role of Pejelagarto in local gastronomy*.
- Rashid, A. (2020). *Challenges and opportunities for small scale fisheries in trade. INFOFISH International*. https://www.researchgate.net/publication/350512913_CHALLENGES_AND_OPPORTUNITIES_FOR_SMALL_SCALE_FISHERIES_IN_TRADE
- Ringer, D., Donkersloot, R., y Carothers, C. (2024). Charting a new course: Ungraying the fleet and comprehensively supporting fishing livelihoods and communities. *Frontiers in Sustainability*. <https://doi.org/10.3389/frsus.2024.1394083>
- Ríos Flores, J., Martínez, S., y López, T. (2024). Cultural significance and economic potential of Pejelagarto in Southeast Mexico. *Cultural Heritage Studies*, 15(1), 33-50.

- Rogers, S. (2023). Codificación temática en estudios de sostenibilidad: Marcos y aplicaciones prácticas. *Journal of Qualitative Analysis*, 41(2), 114-128.
- Rosendahl, E. (29 de Mayo de 2024). *Sustainable business models for small-scale coastal fisheries in the Baltic Sea*. . BalticWaters: <https://balticwaters.org/en/sustainable-business-models-for-small-scale-coastal-fisheries>
- Sigcha, A., González, M., y Ruiz, F. (2021). Application of PESTEL analysis in sustainable business models for rural enterprises. *Journal of Sustainable Business*, 13(4), 251-269.
- Silvano, R. A., y Hallwass, G. (2020). Local ecological knowledge, social networks, and management of natural resources: A case study of small-scale fishing communities in Brazil. *Ecology and Society*, 25(1), 1-10.
- Silvano, R. A., y Hallwass, G. (2020). Local ecological knowledge, social networks, and management of natural resources A case study of small-scale fishing communities in Brazil. . *Ecology and Society*, 25(3), 1-10., 25(3), 1-10.
- Suhartanto, D., Sosianika, A., y Suhaeni. (2017). Food souvenirs and their influence on tourist satisfaction and behavioural intentions. *European Journal of Tourism Research*, pp. 133-146. https://www.academia.edu/114864575/Food_souvenirs_and_
- Vázquez Navarrete, M. (2018). *Strengthening local economies through sustainable practices: Insights from Tabasco*.
- Wang, Y., y Su, X. (2022). Product validation and sustainable entrepreneurship in rural communities. *Sustainable Enterprise Journal*, 18(2), 145-162.
- Yip, C., Han, N. R., y Sng, B. L. (2016). Legal and ethical issues in research. *Indian Journal of Anaesthesia*, 60(9), 684-688. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.190627>
- Zilberman, D., Reardon, T., Silver, J., Lu, L., y Heiman, A. (2022). From the laboratory to the consumer: Innovation, supply chain, and adoption with applications to natural resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, <https://doi.org/10.1073/pnas.2115880119>



<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a10>

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>

<https://www.facebook.com/avacient>

ESTRATEGIAS DE DESARROLLO EN NEGOCIOS DE UNA COMUNIDAD COSTERA, PARA EL APROVECHAMIENTO DE SUS RECURSOS NATURALES

Mónica Isabel López Cardoza¹, Rocío Aguiar Sierra²,
Linda Guadalupe Ceballos Araujo³, Addy Doreidi García Casillas⁴,
José Juan Escalante Fernández⁵

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 21/10/2024 Aceptado: 13/11/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a11>

Resumen.- En las costas del estado de Yucatán existen diversos puertos en los que se desarrollan una variedad de negocios. Esta investigación pretende proponer estrategias competitivas y sustentables para los negocios ubicados en la comunidad de Chelem, en la zona costera de Yucatán. Se empleó un enfoque mixto secuencial, la investigación fue descriptiva, no experimental y transversal. La población fueron todos aquellos negocios que aprovechan recursos del ecosistema. Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia de sujetos voluntarios. La muestra se compuso por 25 negocios. Los instrumentos que se emplearon fueron cuestionarios, entrevistas y guías de observación, para los análisis del ambiente interno y el externo. Entre los principales resultados se encontró que en el análisis interno se identificaron las siguientes fortalezas: la organización y la calidad. Entre sus debilidades se menciona la planeación, venta de productos y servicios, uso de redes sociales y uso de software. En cuanto al análisis externo algunas de las principales amenazas fueron: el temor a usar apoyos financieros, los efectos de las actividades humanas, sanciones de SAT y las reseñas negativas en redes sociales. Para todo lo anterior se propusieron estrategias para cada una de las áreas operativas.

Palabras Clave: Desarrollo Económico y Social, Recursos Naturales, Comunidad Costera.

BUSINESS DEVELOPMENT STRATEGIES IN A COASTAL COMMUNITY IN THE USE OF ITS NATURAL RESOURCES

Abstract.- On the coasts of the state of Yucatán there are various ports where a variety of businesses are carried out. This research aimed to propose competitive and sustainable strategies for businesses located in the community of Chelem, in the coastal area of Yucatán. A sequential mixed approach was used, the research was descriptive, non-experimental and transversal. The population were all those businesses that take advantage of ecosystem resources. Non-probabilistic convenience sampling of volunteer subjects was used. The sample was made up of 25 businesses. The instruments used were questionnaires, interviews and observation guides, for the analysis of the internal and external environment. Among the main results, it was found that in the internal analysis the following strengths were identified: organization and quality. Among its weaknesses are planning, selling products and services, use of social networks and use of software. Regarding external analysis, some of the main threats are: fear of using financial support, the effects of human activities, SAT sanctions and negative reviews on social networks. For all of the above, strategies were proposed for each of the operational areas.

Keywords: Economic and Social Development, Natural Resources, Coastal Community.

Introducción

La costa del estado de Yucatán tiene una extensión litoral de 378 kilómetros. En esta costa se encuentran 12 puertos marítimos cuyas actividades específicas giran en torno al turismo, el comercio y la pesca (Gobierno del estado de

¹ M.C. Mónica Isabel López Cardoza. Profesor del Departamento de Metal Mecánica del Tecnológico Nacional de México/ITMérida (autor correspondiente) monica.lc@merida.tecnm.mx Perfil Deseable PRODEP. orcid.org/0000-0002-7839-9766 CVU 246905 (**Autor correspondiente**).

² Dra. Rocío Aguiar Sierra. Profesor del Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Tecnológico Nacional de México/ITMérida rocio.as@merida.tecnm.mx Perfil Deseable PRODEP. orcid.org/0000-0003-1450-1618 CVU.254864

³ M.A. Linda Guadalupe Ceballos Araujo. Profesor del Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Tecnológico Nacional de México/ITMérida linda.ca@merida.tecnm.mx Perfil Deseable PRODEP. orcid.org/0000-0003-4794-1214 CVU 598933

⁴ Dra. Addy Doreidi García Casillas. Profesor del Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Tecnológico Nacional de México/ITMérida, addy.gc@merida.tecnm.mx. orcid.org/0000-0002-6723-0690 CVU 927711

⁵ Dr. José Juan Escalante Fernández. Profesor del Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Tecnológico Nacional de México/ITMérida, jose.ef@merida.tecnm.mx Perfil Deseable PRODEP. orcid.org/0000-0003-0402-1258 CVU 216493

Yucatán, 2024). Existen en esta costa tres tipos de litorales: arenoso o duna costera, el vegetado, principalmente manglar y el litoral artificial (Ojeda et al. 2019).

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero de Yucatán (García et al, 2011) definen al territorio costero como:

El espacio comprendido en una franja que llega hasta 20 km tierra adentro a partir de la línea litoral. Este territorio está integrado por trece municipios costeros y diez municipios colindantes que, sin tener salida al mar, se ubican dentro de la franja de 20 km. (p. 10).

Chelem, es un puerto pesquero de la costa yucateca, próximo al puerto de Progreso, tiene playa y manglar. Es muy visitado por los mismos yucatecos y turismo nacional, en últimas fechas se ha convertido en morada de extranjeros, principalmente canadienses.

El papel de las comunidades es básico para el adecuado manejo de la zona costera (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2024). En este proyecto se pretendió generar estrategias para negocios ubicados en esta comunidad de la zona costera de Yucatán, de manera que se fortalezca su competitividad, cuidando el medio ambiente y aportando a la sustentabilidad de su entorno. Las estrategias de generación de ingresos de los negocios de la zona rural determinan el bienestar social de la propia comunidad, de ahí que su éxito es importante para propiciar una mejor calidad de vida entre los pobladores de la comunidad (Fundación Internacional Unión Europea, América Latina y el Caribe, 2024).

A través de los años se ha tratado de encontrar las diferencias entre las zonas rurales y las urbanas, tomando en consideración el uso del suelo, su población, actividades económicas, entre otras (Jurado, 2022).

Las economías rurales están en un proceso de transición a nivel internacional, pues debido al desarrollo de nuevas tecnologías se está generando el acceso a nuevas oportunidades de mercado. Estos cambios afectan también a los negocios de las comunidades costeras. De acuerdo con Ruas (2024) “Las empresas que no logran adaptarse a las nuevas tendencias y tecnologías digitales se encuentran en desventaja frente a la competencia” (párr. 2).

Resulta importante la adaptación de estas economías al cambio climático, ya que la costa es altamente vulnerable a los efectos de estos cambios. García et al (2011) comentan que “La historia del poblamiento del territorio costero se relaciona con dos factores contrapuestos: los huracanes y el impulso a ciertas actividades económicas” (p.13). Esta historia se ha ido modificando con el tiempo. Los ecosistemas costeros han tenido que modificar la forma de gestionar sus recursos, logrando el uso sustentable de las costas (Yañez et al., 2013).

En Yucatán y particularmente de la zona litoral se presentan dos publicaciones relativas al aprovechamiento de los manglares como actividad económica: uno de ellos denominado: Caracterización de la actividad ecoturística de manglar en el ejido de San Crisanto, Yucatán, México de López et al (2019) y el otro denominado: Ecoturismo de manglar en Dzilam de Bravo de Yucatán de López et al (2019), estas investigaciones describen los negocios relacionados con la actividad ecoturística de estas dos localidades y su impacto económico, social y ambiental.

Las costas son importantes porque brindan alimentos, energía y minerales, y también generan oportunidades recreativas, de salud y culturales, oportunidades para la pesca, la acuicultura y el turismo que a su vez generan el crecimiento del comercio y transporte, abriendo oportunidades de empleo en la comunidad. Según Chávez (2020) la complejidad de la problemática costera ha aumentado en las últimas décadas debido tanto al crecimiento poblacional como al impacto de las actividades y usos que los seres humanos hacen de los recursos del ecosistema. La poca planeación puede tener efectos en la conservación de este y causar daños a mediano y largo plazo.

En esta zona costera de Chelem, además de la población local, hay en la actualidad una gran afluencia de turismo tanto nacional como internacional que demanda una gran diversidad de servicios, así como de productos. En los últimos años se ha experimentado un cambio, ya que gente del extranjero, principalmente de Canadá y Estados Unidos llega a la comunidad y decide establecerse en ella. Según Aguiar et al (2023) estos cambios poblacionales demandan cambios en la calidad de los servicios y productos que se les ofrecen.

En este sentido, Pasantes et al. (2020) quienes abordan el tema de desarrollo socioeconómico, indicando que “en base a los recursos con los que cuenta la región se puede aprovechar y así elevar el crecimiento económico para la sustentabilidad del lugar” (p. 809). Como mencionan García y Mena (2020) muchos de los negocios de esta localidad

se encuentran en la categoría de negocios informales que se desarrollan con componentes estructurales que presentan ciertos rasgos culturales específicos de este fenómeno social y los distinguen de otros tipos de negocios.

De lo anterior surge la necesidad de identificar los negocios locales que aprovechan recursos del ecosistema y a través del análisis de su entorno interno y externo ofrecerles la oportunidad de implementar estrategias dirigidas a su consolidación y a la satisfacción de las necesidades locales, sin dañar al ecosistema.

Este proyecto tuvo como objetivo general proponer estrategias competitivas y sustentables para los negocios ubicados en una comunidad de la zona costera de Yucatán que aprovechan el ecosistema.

Marco teórico

Rebollar et al., (2018) mencionan que “la evolución reciente de las actividades económicas de México, se han caracterizado por una tendencia hacia la regionalización de las formas de producción” (p. 892). Al respecto, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018) define a las actividades económicas como “el conjunto de acciones realizadas por una unidad económica con el propósito de producir o proporcionar bienes y servicios que se intercambian por dinero u otros bienes o servicios” (p.5).

Blum et al (2016) explican que “El negocio es una operación de cierta complejidad, relacionada con los procesos de producción, distribución y venta de servicios y bienes, con el objetivo de satisfacer las diferentes necesidades de los compradores y al mismo tiempo beneficiando a los vendedores” (p.2).

El éxito de un negocio depende de una serie de cualidades que debe cumplir para que sea viable. Así lo corrobora Uriarte (2018) al decir que, un negocio puede llegar a ser exitoso, siempre y cuando, cumpla con las siguientes características “adaptación al mercado, sector elegido meta, estrategias concretas, producto o servicio de buena calidad, resolución de un problema, marketing experiencial, durabilidad, escalable, financiamiento estable y personal idóneo” (párr. 11).

Hoy en día, las empresas buscan posicionarse en segmentos de mercados meta o mejor aún en la mente del consumidor, aprovechando de esta manera sus fortalezas y oportunidades a través de la implementación de estrategias de negocio.

Aunque cada empresa debe definir su estrategia en función del mercado y de sus propias características, existen otras alternativas estratégicas genéricas por las que se puede optar, entre las cuales se encuentran: Estrategia de crecimiento, en la cual destacan las estrategias genéricas que propone Porter (2015) el liderazgo general en costos, la diferenciación y el enfoque o alta segmentación.

Por otro lado, David (2013) clasifica las estrategias en cuatro tipos: las de integración (hacia adelante, hacia atrás y horizontal), las intensivas (penetración en el mercado, desarrollo del mercado, desarrollo de producto) las de diversificación (relacionada y no relacionada) y las defensivas (recorte de gastos, desinversión y liquidación).

Los negocios y las estrategias necesarias para su desarrollo dependen, en gran medida, de sus características propias y del entorno en el que se encuentran. La zona costera tiene un ecosistema que lo distingue de la zona urbana y afecta a sus negocios. Ellis y Alison (2004) señalan que la población rural, en su afán por mejorar su calidad de vida, ha diversificado sus estrategias orientándolas a la utilización de recursos naturales de forma responsable.

Jones (2014) explica que un ecosistema es un sistema funcional que incluye una comunidad ecológica de organismos que interactúan con el entorno físico. Los ecosistemas se caracterizan por el flujo de energía a través de las redes alimentarias, producción y degradación de materia orgánica, y transformación y ciclo de elementos nutrientes.

Cervantes et al (2015) comentan que los distintos usos del suelo y actividades humanas que se pueden realizar en un área geográfica de un ecosistema dado son condicionados por la gama de servicios ecosistémicos disponible in situ, que a su vez es determinada por la funcionalidad hidrológica y ecológica de cada terreno, considerando el ordenamiento ecológico del territorio y la vocación del suelo

Los negocios de cada localidad que emplean recursos del ecosistema deben de respetar estos recursos evitando abusos y cualquier actividad que los dañe.

De acuerdo con Ortiz y Alejandre (2020):

Ante los desafíos que impone la primera década del siglo XXI con la complejización de los procesos asociados al desarrollo y el recrudecimiento de la problemática ambiental global, reviste especial importancia la necesidad de transitar hacia un desarrollo local sostenido en los diversos territorios del planeta (p. 277).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2023) señala que los Objetivos de Desarrollo Sostenible, también conocidos como Objetivos Globales proponen que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad social, económica y ambiental. Por lo que es necesario tener esto en cuenta al propiciar el desarrollo de negocios.

García y Xool (2012) recalcan que el progreso hacia sustentabilidad necesita que los diferentes actores involucrados asuman sus responsabilidades y definan sus aportaciones y compromisos.

Materiales y métodos

De acuerdo con su enfoque o paradigma este es una investigación mixta secuencial. Se recopilieron datos cualitativos, seguido de la recopilación y análisis de datos cuantitativos. Por su propósito es investigación aplicada, puesto que contribuye al desarrollo de los negocios de la comunidad de estudio. Por su alcance es de tipo descriptiva, ya que para los análisis internos y externos se describen las características de los negocios y las fuerzas externas clave que les afectan. El diseño es no experimental puesto que no se manipularon variables y es transversal ya que se realizó en un tiempo definido.

La población estuvo compuesta por negocios que utilizan los recursos disponibles del ecosistema de la localidad en sus actividades económicas de la comisaría de Chelem, Yucatán. La muestra se compuso por 25 negocios, utilizando un muestreo no probabilístico por conveniencia de sujetos voluntarios.

Los instrumentos que se emplearon fueron cuestionarios, entrevistas y guías de observación, para los análisis de los ambientes interno y externo. Para el análisis del funcionamiento interno a continuación se presenta una tabla con las funciones y las dimensiones que la conforman.

Tabla 1. Áreas funcionales internas.

Áreas funcionales	Dimensiones
Gerencia	Planeación, organización, motivación, administración del personal y control
Mercadotecnia	Análisis de clientes, venta de productos y servicios, planificación de productos y servicios, fijación de precios, distribución, investigación de mercados, análisis de costos y beneficios
Finanzas	Liquidez, apalancamiento, actividad y rentabilidad
Operaciones	Procesos, capacidad, inventario, fuerza laboral y calidad
Tecnologías	Redes, aplicaciones de mensajería, herramientas y equipo y software para el análisis

Nota: Elaboración propia con base en datos de David (2013).

David (2013) utiliza una escala de medición que va del 1 al 4 donde 1 es una debilidad mayor, 2 una debilidad menor, 3 una fuerza menor y 4 una fuerza mayor. Para este estudio se determinaron rangos puesto que los resultados por dimensión de cada área funcional son los promedios de los 25 negocios.

Tabla 2. Escala de medición.

Escala	Situación	Rango de calificación
1	Debilidad mayor	.5 - 1.4
2	Debilidad menor	1.5 - 2.4
3	Fuerza menor	2.5 - 3.4
4	Fuerza mayor	3.5 - 4

Nota: Elaboración propia con base en datos de David (2013).

Para el análisis del macro entorno en este caso particular se consideraron los factores externos que ejercen influencia positiva o negativa sobre los negocios de Chelem que basan sus actividades en la utilización de los recursos naturales de su ecosistema, provocando oportunidades que aprovechar o amenazas que deben eludir o minimizar sus efectos, estos se clasificaron en cuatro grupos: económicos; culturales, demográficos y ambientales; políticos, legales

y gubernamentales, y tecnológicos. Como parte de este análisis además de la identificación de factores externos que afecten la competitividad de estos negocios, se procedió a otorgar una calificación en una escala que va del 1 (de menor importancia) al 4 (de mayor importancia).

Primeramente, se realizó la investigación documental en bases de datos, páginas oficiales, artículos, resultados de censos y estudios previos relacionados para la identificación y clasificación de los recursos naturales de su ecosistema y actividades económicas. Posteriormente se realizó el primer recorrido in situ para hacer el primer contacto con las autoridades de la localidad y verificación física de la información relativa al ecosistema, sus recursos y actividades económicas. Después fue necesario realizar los subsecuentes recorridos para obtener la información de los negocios, en cuanto a los aspectos internos. Se consultaron los datos del macro ambiente para la identificación de oportunidades y amenazas, se creó y alimentó una base de datos, se procesó la información y una vez concluido este análisis se procedió a elaborar la propuesta.

Resultados

Lo primero que se tuvo que identificar fueron los recursos naturales de la localidad, en este caso son recursos de un ecosistema de playa y manglar. En la Tabla 3 se pueden ver estos recursos clasificados en abióticos y bióticos, especificando el tipo y categoría.

Tabla 3. Recursos naturales identificados en Chelem.

	Tipo de recurso	Categoría	Recurso natural
Abióticos	Geológicos	Sedimentos	Arena, conchas y caracoles
	Hidrológicos	Agua	Agua salada y dulce
	Edáficos	Mineral	Sal
	Atmosféricos	Presentes en la atmósfera	Radiación solar y viento
	Sub-Ecosistema	Ecosistema marino	Arrecifes de coral
Bióticos		Ecosistema costero	Manglar
			Aves y aves acuáticas
			Reptiles
			Anfibios
			Animales marinos
			Mamíferos
			Peces
			Crustáceos
			Moluscos
			Insectos
			Vegetación marina
			Vegetación costera
			Árboles
		Flora	

Nota: Elaboración propia.

El análisis de los recursos naturales de la localidad permitió identificar las principales actividades económicas a las que se dedican los negocios, estas son: restaurantes, pescaderías, elaboración y venta de dulces de coco, actividades ecoturísticas y venta de carbón.

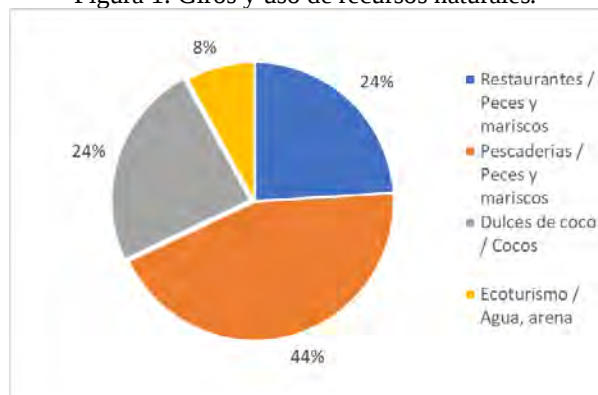
Tabla 4. Actividades económicas de los negocios de Chelem.

Giros	Identificados	Participantes	Recursos naturales utilizados
Restaurantes	9	6	Peces, crustáceos y moluscos
Pescaderías	16	11	Peces, crustáceos y moluscos
Dulces de coco	10	6	Vegetación costera
Ecoturismo	3	2	Agua, arena, entre otros.
Carbón	1	0	Vegetación costera
Total	39	25	

Nota: Elaboración propia.

Los restaurantes y pescaderías representan el 68%, seguidos por los negocios de venta de dulces de coco con un 24% y 8% los de ecoturismo que utilizan en si el ecosistema de playa y manglar para sus actividades.

Figura 1. Giros y uso de recursos naturales.



Nota: Elaboración propia.

Ya identificados los negocios y sus giros, en entrevistas con los propietarios y dirigentes de estos negocios, estos señalaron que el 100% son negocios familiares, todos ellos con menos de 10 empleados, el 90% iniciaron sus operaciones con recursos propios y el 10% con préstamos no bancarios, manifestando su miedo a los créditos, comentaron que su negocio es el principal medio de subsistencia de su familia. Cabe señalar que los restaurantes son negocios formales con permisos de salubridad y registrados ante el Sistema de Administración Tributaria, por otro lado, las pescaderías y la venta de dulces de coco son negocios informales.

Se procedió a analizar el funcionamiento interno de los negocios, este se enfocó en cinco áreas funcionales: administración o gerencia, mercadotecnia, operaciones, finanzas y tecnologías de la información.

Relativo al área de gerencia, la cual se compone de cinco dimensiones: planeación, motivación, administración de personal y control, se identificó que la organización es su principal fortaleza la cual se refiere a la forma en que estos se organizan, la delegación de autoridad y descripción de puestos, de acuerdo a su calificación de 3.57 representa una fuerza mayor. Su más baja calificación fue planeación misma que se relaciona con plantearse objetivos y metas, que sean medibles y que sean comunicados, en donde obtuvo 2.33 puntos, lo cual representa una debilidad menor.

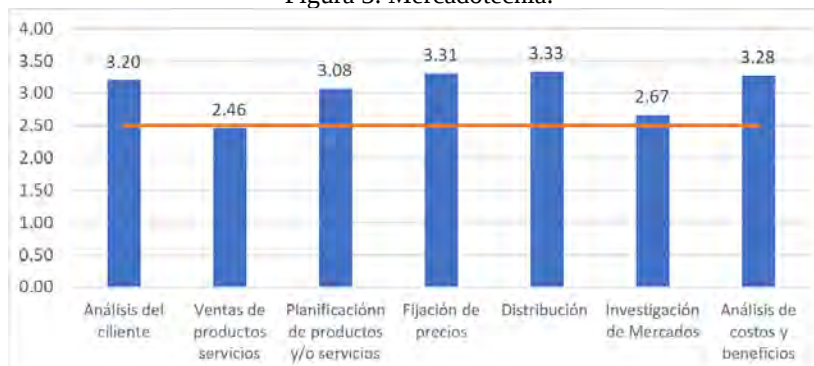
Figura 2. Gerencia.



Nota: Elaboración propia.

En lo que respecta al área de mercadotecnia, la cual se compone de siete dimensiones, análisis de los clientes, venta de productos y servicios, planificación de productos y servicios, fijación de precios, distribución, investigación de mercados y análisis de costos y beneficios; se identificó distribución como su mejor calificación con 3.33 lo que indica una fuerza menor, esta dimensión se refiere a su capacidad de respuesta, capacidad instalada, fácil y rápido acceso a los productos y el servicio; por otro lado la dimensión venta de productos y servicios fue su calificación más baja con un puntaje de 2.46 indicando una debilidad menor, esta dimensión agrupa personal e instalaciones idóneos para las ventas, invertir en publicidad y medición del efecto en las ventas de su inversión en publicidad.

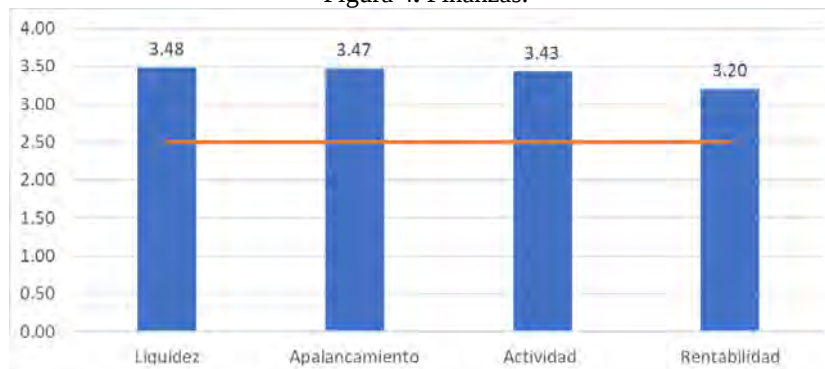
Figura 3. Mercadotecnia.



Nota: Elaboración propia.

Finanzas se compone de cuatro dimensiones: liquidez, apalancamiento, actividad y rentabilidad; donde liquidez con una calificación de 3.48 es su calificación más alta indicando una fuerza menor, misma que se refiere a la disposición de efectivo y la capacidad de pagar compromisos y su calificación menor es la dimensión de rentabilidad con 3.20 puntos, indicando otra fuerza menor.

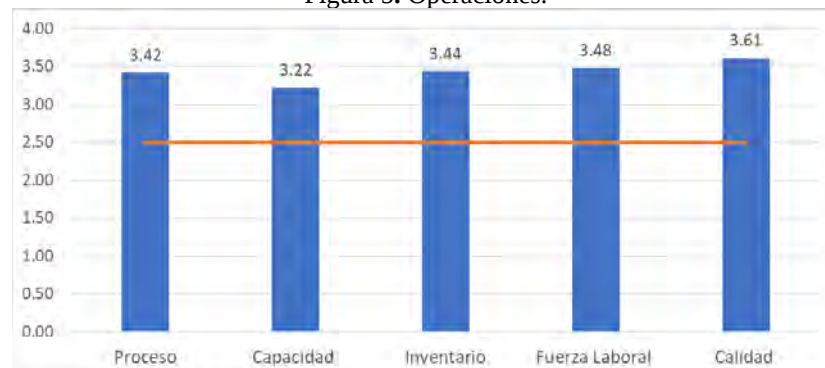
Figura 4. Finanzas.



Nota: Elaboración propia.

Respecto a la función de operaciones la cual se refiere a proceso, capacidad, inventario, fuerza laboral y calidad se obtuvo como mayor calificación la dimensión de calidad con 3.61 puntos, esta se relaciona con el control de costos, calidad de los productos y opinión de los clientes, resulta una fuerza mayor, mientras que la dimensión de capacidad fue su menor calificación, arrojando un puntaje de 3.22, lo que representa una fuerza menor y se relaciona con los pronósticos y su capacidad de producción y atención.

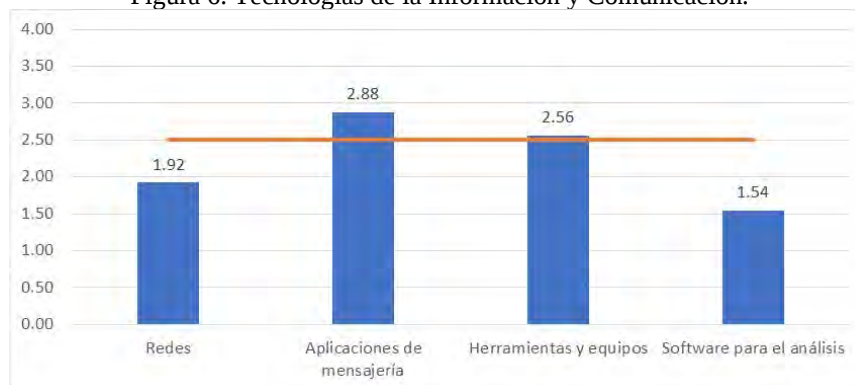
Figura 5. Operaciones.



Nota: Elaboración propia.

Finalmente, el área de Tecnologías de la Información y Comunicación, la cual se compone de las dimensiones: redes, aplicaciones de mensajería, herramientas y equipo y software para el análisis, obtuvo como calificación mayor la dimensión de aplicaciones de mensajería con 2.88 puntos lo que indica una fuerza menor, por otro lado, su menor calificación fue la dimensión de software para el análisis, con un puntaje de 1.54 puntos, lo cual hace referencia a una debilidad menor.

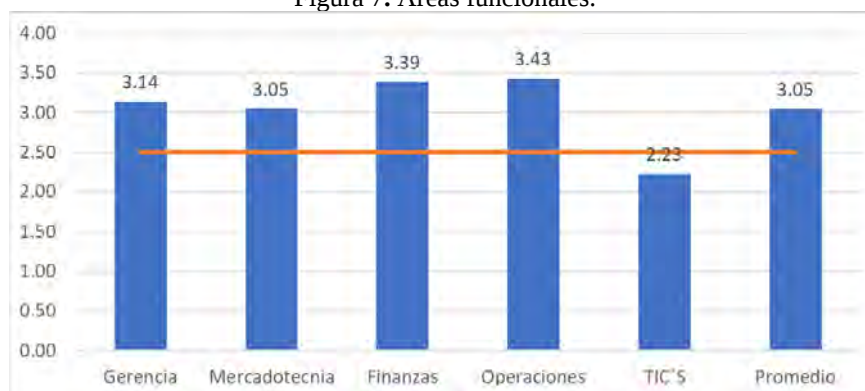
Figura 6. Tecnologías de la Información y Comunicación.



Nota: Elaboración propia.

El funcionamiento interno, considerando todas las áreas funcionales, presenta un promedio de 3.05 lo cual lo sitúa por arriba 2.5 situándolo en una posición competitiva buena, sin embargo, queda claro que tecnologías de la información con calificación promedio de 2.33 es un área de oportunidad que atender siendo esta una debilidad menor. En contraposición, el área de operaciones es su principal fortaleza.

Figura 7. Áreas funcionales.



Nota: Elaboración propia.

Análisis externo

A continuación, se presenta el análisis de los factores externos que afectan a los negocios de la comisaría de Chelem, con base en su macroentorno. Dicho análisis se llevó a cabo mediante la investigación de información relevante y datos estadísticos en noticias que demuestren la situación actual que enfrentan los negocios de la localidad.

Tabla 5. Factores del Macroentorno.

Económicos			
Oportunidades	Calificación	Amenazas	Calificación
Existen apoyos financieros disponibles para emprendedores de MiPyMes. Según el Instituto Yucateco de Emprendedores (2023), en el Estado existe un programa de crédito de fácil acceso para todas aquellas personas que deseen emprender su negocio el cual les	4	Hilda Isabel Cob Cob, propietaria de “El Changarro” (venta de pescado fresco y cocinado), comentó que el acceso a los programas de apoyo financiero es	4

servirá para el desarrollo de proyectos productivos.			persé complejo de formalizar y obtener. “Ocho de cada 10 empresas tuvieron miedo a créditos bancarios por crisis económica derivada de la pandemia” (Infobae, 2020, párr 1).
“La zona que va de Chelem a Telchac Puerto, es la que atrae un mayor número de turistas, por su mayor cercanía a la capital y por contar con grandes extensiones de playa. Concentra 80% de los 162 restaurantes registrados” (García y Xool. 2012, p. 45). “En Chelem hay múltiples puestos de venta de cremitas de coco, pero uno que ha destacado más y se posiciona en el gusto de locales y visitantes es el de Sharemy, ubicado en la carretera hacia Chelem” (Peninsular Punto Medio, 2021, párr.4).	3		
Sociales, culturales, demográficas y ambientales			
Oportunidades			Amenazas
Yucatán es un estado turístico y, más allá de los visitantes nacionales y extranjeros que llegan cada año, los yucatecos influyen mucho en la derrama económica que deja el periodo vacacional (Sumario Yucatán, 2019).	4		La duna costera se ha deteriorado a lo largo de los años, las condiciones ambientales de la zona de la playa de Chelem. Así lo corrobora el Gobierno del Estado de Yucatán (2007) en el Diario Oficial emitido el 31 de julio de 2007 en donde expresa que se ha visto afectada desde hace tiempo por los diferentes tipos de actividades humanas ya que, en esta zona la regulación ambiental es relativamente reciente, y al no existir ésta previamente, la duna costera fue invadida y desplazada
La actividad pesquera en México tiene un gran potencial para ayudar a garantizar la seguridad alimentaria, y el bienestar de miles de comunidades que viven de la pesca. Es por ello que en el estado de Yucatán el hábito de consumo de pescados y mariscos va en incremento. Con base en el estudio realizado Hábitos de consumidor en Yucatán, el 46 por ciento de las personas consume alimentos del mar una vez por semana (García y Olivares, 2022).	4		En los últimos años se han asentado pobladores que viene de otros estados en la zona de manglar que dañan este ecosistema. Al respecto, la cooperativa la Ría de Chelem es la encargada y responsable de la conservación del Manglar, sin embargo, no tienen autoridad para sancionar a quienes ocasionen daños a esta zona, de acuerdo al Sr. José Ávila Rodríguez, presidente de la cooperativa Ría de Chelem. “La ciudadanía de Chelem Puerto llevó a cabo una asamblea pública en la plaza principal de esa comunidad a fin de dar a conocer su inconformidad por la invasión de terrenos ejidales que comenzó

		desde mediados de 2009” (Por Esto, 2023, par. 2).	
Políticos, gubernamentales y legales			
Oportunidades		Amenazas	
Formar parte de la Cámara Nacional de la Industria de Restaurantes y Alimentos Condimentados (CANIRAC) trae beneficios a los restaurantes puesto que brinda acceso a capacitación, de acuerdo con el portal oficial de la CANIRAC (2023)	2	Las sanciones a los micronegocios por no estar registrados en el Servicio de Administración Tributaria (2023) va desde multas de \$10,370.00 hasta el cierre del negocio.	4
Programa “peso a peso componente pesca” brinda apoyo monetario para la compra de equipo para mejorar la pesca. Según la Secretaría de Pesca y Acuacultura Sustentable de Yucatán (2023), este apoyo a pescadores y pescadoras del puesto de Chelem ayuda a fortalecer e impulsar los empleos y las labores en estas familias.	3	De acuerdo a la Tesorería Municipal (2021) todas las personas y empresas que cuenten con un negocio comercial en su domicilio o en algún lugar establecido, deben solicitar su licencia de funcionamiento el cual es un permiso.	3
Factores tecnológicos			
Oportunidades		Amenazas	
Los pedidos de comida en línea tienen como ventaja la flexibilidad de pago y de distancia en las entregas. Tal y como menciona UpKeep Technologies (2024, párr. 6) “gracias a la llegada de las tabletas y los teléfonos inteligentes, más personas que nunca piden comida directamente desde sus propios teléfonos inteligentes”	4	Existe poco uso de tecnología y actualización en sus procesos productivos debido a que son productos artesanales. Concluyen (Saligan <i>et al</i> , 2017) que existe una necesidad de acceso a información y capacitación a las personas que sobre todo viven en comunidades distantes o en las que resulta complicado el acceso a internet o tecnologías de la comunicación.	3
La ventaja de utilizar una terminal bancaria permite al negocio brindar mayor comodidad a los clientes e incrementar las ventas. Como dice Velpay (2023, párr. 4) “contar con una terminal bancaria que funcione de manera eficiente y ofrezca plataformas tecnológicas seguras y confiables, los negocios en México obtienen ventajas como incrementar las ventas en un margen del 30%”	3	Las reseñas emitidas a través de redes sociales representan una desventaja al ser utilizadas de manera negativa contra el establecimiento, de acuerdo Borondo (2021), par. 1 “La polémica sobre las críticas de restaurantes en internet es casi tan antigua como la aparición de las propias reseñas”. Codina (2018) menciona que una de las principales desventajas competitivas que presentan los negocios en redes sociales es el ataque de los trolls los cuales son personas que les gusta hacer críticas negativas de las marcas por simple satisfacción.	4
Oferta de cursos gratuitos “para impulsar tu negocio: la Secretaría de Desarrollo Económico informa que durante todo el mes habrá cursos para MIPYMES enfocados en el uso de la inteligencia artificial, estrategias de	4		

ventas, de promociones y branding” (El economista, 2024, párr. 1).

Nota: Elaboración propia.

Estrategias competitivas y sustentables para los negocios que utilizan los recursos del ecosistema de Chelem

Estrategias de Gerencia

- Comenzar a utilizar la planeación estratégica para el establecimiento de objetivos y metas e involucrar a los empleados.
- Hacer una alianza estratégica de negocios de Chelem para promover de forma efectiva los diferentes productos y servicios que ofrecen, ubicaciones, características, datos de contacto.
- Formalizar sus negocios con permisos y licencias, puesto que las multas y sanciones ponen en riesgo su existencia.
- Integrar estudiantes de administración para proyectos de residencia en gestión estratégica de los negocios.
- Conformar una asociación civil para el cuidado y respeto del medio ambiente en Chelem, integrado por diferentes grupos de interés.
- Contemplar las consecuencias de no contar con las licencias de funcionamiento, tener un plan alternativo para afrontar posibles problemas con las autoridades competentes.

Estrategias de Mercadotecnia

- Utilizar Facebook para que los clientes expresen sus opiniones del servicio compartan fotos y etiqueten el negocio poniendo ubicación.
- Otorgar tarjetas físicas o electrónicas de lealtad para los clientes frecuentes.
- Utilizar redes sociales y aplicaciones de mensajería para atender pedidos a domicilio e incorporar un servicio de reparto que atienda a varios negocios.
- Invitar a los clientes satisfechos a expresar su opinión a cambio de una cortesía en su próxima visita, tomar fotos, subirlas al Facebook para que los clientes puedan darle like.

Estrategias de Finanzas/Contabilidad

- Aprovechar los créditos y apoyos financieros para invertir en publicidad electrónica.
- Administrar los ingresos de acuerdo con las temporadas para no descapitalizarse en temporadas bajas. Incorporar nuevos servicios como cursos de cocina de mariscos en las temporadas bajas.
- Investigar sobre los apoyos financieros y valorar las tasas de interés y decidir si conviene utilizarlos para invertir en mejoras al lugar, capacitación para servicio o manejo de tecnologías.

Estrategias de Producción/Operaciones

- Mantener sus inventarios para satisfacer la demanda en todo momento, no solo en época vacacional.
- Iniciar una red o alianza de vendedores de dulces de coco para aprovechar la compra de materia prima y crear una plataforma para promoción y publicidad y de ser posible también alianzas de los restaurantes y/o pescaderías.
- Identificar las fechas con alta demanda además de períodos vacacionales, para estar surtidos de pescados y mariscos para satisfacer la demanda.
- Llevar registros de demanda de productos y/o servicios, temporadas, cantidades, tipos, que ayude a hacer proyecciones para mantener un buen nivel de inventario y tener los negocios funcionando de forma constante.

Estrategias de Tecnologías de la Información

- Integrar a los miembros jóvenes de las familias para capacitación en tecnología a otros empleados y dueños y/o gerentes que lo requieran.
- No tener miedo al uso de redes sociales, un buen servicio de calidad por lo general conlleva a buenas reseñas.
- Capacitarse en uso de tecnologías de la información y comunicación.

Estrategias Ambientales

- Participar en campañas de cuidado del medio ambiente, especialmente de la playa y el manglar, promover el respecto al ecosistema entre sus empleados y clientes.
- El aprovechamiento de palmas para la producción y comercialización de diferentes tipos de artesanías.

- El mantenimiento a las lanchas y alijos utilizados para los paseos debe realizarse en un lugar separado del agua, con el fin de evitar la contaminación de esta por uso de algún aceite.
- Fomentar la separación de los residuos sólidos urbanos, en orgánicos e inorgánicos especial mente restaurantes y pescaderías.
- Concientizar a los turistas sobre la adecuada disposición de los residuos con el fin de evitar causar la contaminación en manglares.
- Establecer un programa de recolección y disposición de residuos y limpieza de las playas en el que participen miembros de la comunidad e invitados en general que se unan a estas campañas.

Discusión

Las empresas de Chelem son MiPyMes, se caracterizan por la participación de la familia, el 90% de estas se dedican a la actividad comercial, administrada por el dueño de forma empírica, capital aportado por ellos mismos o su familia.

A pesar de contar con diversos recursos naturales propios de ecosistema de manglar y duna costera, por tradición los más utilizados son los pescados y mariscos seguido por los cocos: La actividad ecoturística en esta localidad no se está aprovechando como en otras localidades costeras del litoral de Yucatán, como es el caso de la Isla Cumpios en la vecina localidad de Chuburná Puerto. El Diario de Yucatán (2023) menciona que Isla Cumpios es una opción Turística de convivencia con la naturaleza. De acuerdo con Comunicación Maya (2023) la comunidad de San Crisanto también es reconocida por sus paseos por el Manglar. El ecoturismo representa un área de oportunidad para el desarrollo de actividades económicas, que, administradas de forma sustentable, aportarían grandes beneficios a la comunidad.

Los resultados del análisis interno arrojaron más fortalezas que debilidades en general, el área funcional de finanzas no presentó ninguna debilidad, eso de acuerdo con la percepción de sus dueños o administradores, sin embargo, su administración es empírica, se resisten a la utilización de créditos, el auge de sus negocios es de temporadas vacacionales, pese a esto, los negocios siguen funcionando y representan su forma de sustento.

Tecnologías de la Información y Comunicación es el talón de Aquiles de los negocios que aprovechan los recursos naturales del Puerto de Chelem; de acuerdo con la Secretaría de Economía, (2024) uno de los retos que enfrentan estas empresas es el escaso conocimiento en habilidades digitales. “La mayoría de las MIPYMES carecen de conocimientos digitales, así como de seguridad digital que permita mejorar y proteger sus operaciones”, en este caso los negocios sujetos de estudio presentaron como su principal debilidad el área de TIC’s (p. 17).

Tomando en consideración las principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, teniendo en miras el uso sustentable de los recursos naturales, el desarrollo económico, social y cuidado del medio ambiente, se recomienda profundizar en las acciones que ha tomado el puerto de San Crisanto, el cual representa un ejemplo de Desarrollo Sustentable de una pequeña comunidad. De acuerdo con la Naciones Unidas (2023):

Los ejidatarios constituyen en 2001 la Fundación San Crisanto, A.C. En 1999 se forma la UMA Manglar San Crisanto e inicia el monitoreo del manglar y cocodrilos. Los resultados sociales y ambientales son reconocidos con el Premio Nacional al Mérito Ecológico 2000. En 2001 se formalizan el proyecto de ecoturismo y el hospedaje K’anab Nah. En 2002 el huracán Isidoro destruye 99% del manglar. En 2003 ejido y comunidad establecen salvaguardas sociales y ambientales para resiliencia y se forma el Consejo de Desarrollo Comunitario de San Crisanto con un Plan Estratégico de Desarrollo Sustentable, se organizan los sectores productivos de la comunidad (párr. 2).

Conclusiones

Relativo a la utilización de los recursos naturales los más utilizados son:

- Pescados y mariscos puesto que el 68% de los negocios son restaurantes y pescaderías.
- Cocos 24% para venta de dulces de coco y agua de coco.

Como resultado del análisis interno se identificaron los siguientes hallazgos relevantes, respecto a los resultados promedio de las áreas funcionales:

- Operaciones representa su mayor fortaleza con una calificación de 3.43 que, de acuerdo con la tabla de valoración se considera una fortaleza menor.

- Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC's) es su principal debilidad o área de oportunidad con calificación de 2.33 que significa una debilidad menor.

Las Fortalezas más significativas de las dimensiones de las áreas funcionales son:

- Organización con 3.57 una fortaleza mayor del área de Gerencia.
- Calidad, relacionada con el control de costos y calidad de sus productos con una calificación de 3.61, la cual no solo es una fortaleza mayor del área de operaciones, sino la mayor fortaleza de estos negocios.

Las Debilidades o áreas de oportunidad identificadas fueron cuatro:

- Planeación dimensión que se relaciona con plantearse objetivos y metas, que sean medibles y que sean comunicados, obtuvo 2.33 puntos representa una debilidad menor y pertenece al área de gerencia.
- Venta de Productos y Servicios con un puntaje de 2.46 indica una debilidad menor, esta dimensión agrupa personal e instalaciones idóneas para las ventas, inversión en publicidad y medición del efecto en las ventas de su inversión en publicidad, esta pertenece al área de mercadotecnia.
- Uso de redes sociales con puntaje de 1.92 es una debilidad menor.
- Software para el análisis de datos con 1.54 también debilidad menor; ambas dimensiones pertenecen al área de Tecnologías de la información y comunicación.

El área de Finanzas no presenta debilidades sin embargo sus cuatro dimensiones son fortalezas menores.

El análisis del macroentorno permitió identificar las principales oportunidades y amenazas que afectan a estos negocios:

Oportunidades

- Apoyos financieros disponibles.
- Yucatecos influyen en la derrama económica de Chelem.
- En Yucatán el hábito de consumo de pescados y mariscos va en incremento.
- La implementación de pedidos en línea cada vez va en aumento.
- Capacitación gratuita en TIC's.

Amenazas

- Miedo a utilizar apoyos financieros o créditos.
- La zona de la playa de Chelem, se ha visto afectada por las actividades humanas.
- Sanciones por no estar dados de alta en el SAT.
- Las reseñas emitidas a través de redes sociales representan una desventaja al ser utilizadas de manera negativa contra los establecimientos.

Tomando en consideración las fuerzas, debilidades, oportunidades y amenazas se formularon estrategias para cada una de las áreas funcionales que permitan maximizar sus fortalezas, minimizar sus debilidades, aprovechar las oportunidades y eludir en lo posible las amenazas. A continuación, se enlistan en forma concreta las estrategias a seguir para área funcional:

- Para el área de gerencia se recomienda formalizar la planeación estratégica apoyados con instituciones educativas, formalizar los negocios y trabajar en forma conjunta.
- Respecto a estrategias de mercadotecnia se recomienda el uso intensivo y activo de redes sociales, pudiéndose apoyar con los miembros jóvenes de las familias o las instituciones educativas.
- Como estrategias del área de finanzas se recomienda aprovechar créditos para invertir en publicidad electrónica.
- Relativo a operaciones se recomienda atender a las temporadas para mantener sus inventarios y hacer alianzas con otros competidores en ciertas temporadas para satisfacer las necesidades de los clientes.
- Con respecto a las Tecnologías de la Información y Comunicación se recomienda aprovechar la capacitación gratuita en estas áreas para todos los empleados y/o gerentes.

Referencias

- Aguilar, R., López, M., Sánchez, M y Ugarte, P. (2023). Aprovechamiento de los recursos naturales del ecosistema de Chelem Yucatán. *Revista del Centro de Graduados e Investigación del Instituto Tecnológico de Mérida*, 38 (101). pp. 349-354. <https://drive.google.com/file/d/1DIMPfpgCUkoeABNJeZoYaAg1ikJWBGe/view?pli=1>
- Borondo, S. (8 de septiembre de 2021). *Ojo con las reseñas de restaurantes en Google: pueden cerrar negocios*. <https://www.elcorreo.com/tecnologia/internet/resenas-restaurantes-google-20210907110038-nt.html#>
- Blum, H., Flores, E., Vallejo, C. y Sánchez, C. (diciembre 2016). Negocios internacionales. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* pp.1-16. <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/12/negocios.html>
- Cámara Nacional de la Industria de Restaurantes y Alimentos Condimentados (CANIRAC). (2023). *Unidos por la capacitación digital de la industria*. <https://portal.canirac.org.mx/noticias/unidos-por-la-capacitacion-digital-de-la-industria/#>
- Cervantes, S., Challenger, A., Hernández, C., Gay, C., Ordoñez, M., Ordoñez, J., Gual, M.; Rodriguez, M. (2015). Ecosistemas de México. En C. Gay, A. Cos, & C. Peña, Reporte Mexicano de Cambio Climático, *Ecosistemas de México*. (pp. 121 - 148). México: Universidad Autónoma de México. <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2021/06/reporte-mexicano-cambio-climatico-vol-2.pdf>
- Codina, N. (28 de junio de 2018). *Ventajas e Inconvenientes del uso de las Redes Sociales para tu negocio*. <https://nataliacodina.com/ventajas-e-inconvenientes-redes-sociales-para-negocio/>
- Comunicación Maya. (1 de noviembre de 2023). *San Crisanto, Descubre el Ecoturismo en el Paraíso de Yucatán. Mérida, Yucatán, México*. <https://mayacomunicacion.com.mx/san-crisanto-descubre-el-ecoturismo-en-el-paraiso-de-yucatan/>
- Cortés, M.(enero-2018()). Características comunes de las Micro Pequeñas y Medianas Empresas de América Latina y México. *Con-ciencia, Boletín Científico de la Escuela Preparatoria N, 9. 5 (9)*. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n9/m7.html>
- Chávez, S. (2020). Efecto antrópico en la geomorfología y morfodinámica de la franja costera de la Laguna de La Paz, Baja California Sur, México. *Investigaciones Geográficas*. 1- 15, DOI: <https://doi.org/10.14350/rig.60084> <https://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/60084>
- David, F. (2013). *Conceptos de Administración Estratégica*. Pearson. <https://laurabates.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/06/conceptos-de-administracion-estrategica-14edi-david.pdf>
- Diario de Yucatán. (25 de julio de 2023). *Isla Columpios en Yucatán: donde está y cómo llegar. Mérida, Yucatán, México*. <https://www.yucatan.com.mx/yucatan/2023/07/25/isla-columpios-en-yucatan-donde-esta-como-llegar-417008.html>
- El economista. (3 de septiembre de 2024). *El empresario. Conoce los cursos gratuitos de septiembre para impulsar tu negocio: SEDECO*: <https://www.economista.com.mx/el-empresario/Conoce-los-cursos-gratuitos-de-septiembre-para-impulsar-tu-negocio-Sedeco-20240902-0127.html>
- Ellis, F. y Allison, E. (2004). *Livelihood diversification and natural resource access*. Overseas Development Group, University of East Anglia. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-53462022000400010#B21
- Fundación Internacional Unión Europea, América Latina y el Caribe. (2024). *¿Qué se necesita para desarrollar negocios justos con comunidades rurales?* <https://eulacfoundation.org/es/que-se-necesita-para-desarrollar-negocios-justos-con-comunidades-rurales>
- García, O., y Mena, A. (2020). La Organización Informal ¿expresión de cultura. *Desarrollo Gerencial*, 12(2), 1 - 23. doi:<https://doi.org/10.17081/dege.12.2.4488> <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/desarrollogerencial/article/view/4488>
- García, B. y Olivares, N. (11 de abril de 2022). *El mercado de pescados y mariscos: sostenibilidad y seguridad alimentaria desde Yucatán*. Environmental Defense Fund.org: <https://mexico.edf.org/blog/2022/04/11/el-mercado-de-pescados-y-mariscos-sostenibilidad-y-seguridad-alimentaria-desde>
- García, A. y Xool, M. (2012). Turismo alternativo y desarrollo en la costa de Yucatán. En Marín, G., García, A. y Daltabuit, M. *Turismo y globalización y sociedades locales en la península de Yucatán, México*. Editorial Pasos. <https://www.pasosonline.org/Publicados/pasosoedita/PSEdita7.pdf>
- García, A., Xool, M., Euán, J., Munguía, A. y Cervera, M.D. (2011). *La costa de Yucatán en la perspectiva del desarrollo turístico*. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/CostYucatan.pdf
- Gijón, E., Sarmiento, J., y Sosa, M. (2021). Avances y retos del desarrollo comunitario sustentable en Dzityá, Yucatán y el buen vivir como alternativa a la pobreza. En Martínez, S., Sarmiento, J & Valles, M. *Aproximaciones teórico-metodológicas para el análisis territorial y el desarrollo regional sostenible*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional. https://ru.iiec.unam.mx/view/creators/Gijon_Noh=3AEduardo_Miguel=3A=3A.default.html

- Gobierno del Estado de Yucatán. (31 de julio de 2007). *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán*. Bitácora ordenamiento: <https://bitacoraordenamiento.yucatan.gob.mx/archivos/200708031573.pdf>
- Gobierno del Estado de Yucatán (2024) *Puertos*. <https://www.yucatan.gob.mx/?p=puertos>
- Infobae. (21 de agosto de 2020). *Ocho de cada 10 empresas tuvieron miedo a créditos bancarios por crisis económica derivada de la pandemia: Banxico*: <https://www.infobae.com/america/mexico/2020/08/21/ocho-de-cada-10-empresas-tuvieron-miedo-a-creditos-bancarios-por-crisis-economica-derivada-de-la-pandemia-banxico>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). *Clasificación para actividades económicas*. INEGI <https://www.inegi.org.mx/mmm/index.php/catalog/984/download/31452>
- Instituto Yucateco de Emprendedores. (2023). *Micro.Yuc emprendedores*. Gobierno del Estado de Yucatán: www.iyem.yucatan.gob.mx/microyuc/
- Jones, J. B. (2014). Ecosystem. *AccessScience*, 1-6. <https://doi.org/10.1036/1097-8542.212700> www.accessscience.com: <https://www.accessscience.com/content/article/a212700>
- Jurado, I. (2022). Emprendimiento rural como estrategia de desarrollo territorial: una revisión documental. *Revista Económicas CUC* 43 (1). <https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/3510/4070> DOI: 10.17981/econuc.43.1.2022.Org.7
- López, M., Aguiar, R., Sánchez, M., Montes, E., y Balam, E. (2019). Ecoturismo de manglar en Dzilam de Bravo, Yucatán. *Revista del Centro de Graduados del Instituto Tecnológico de Mérida*, 34(79), 151-158. <http://www.revistadelcentrodegraduados.com/2020/08/ecoturismo-de-manglar-en-dzilam-de.html>
- López, M., Aguiar, R., y Centeno, C. (2019). Caracterización de la actividad ecoturística de Manglar en el ejido de San Crisanto, Yucatán, México. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 1-15. <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/12/actividad-ecoturistica-mexico.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2024). *Estrategias de relacionamiento con comunidades costeras e insulares*. <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-marinos-y-costeros-y-recursos-acuaticos/fortalecimiento-de-la-institucionalidad-y-la-organizacion-publica-privada-y-social/estrategias-de-relacionamiento-con-comunidades-costeras-e-insulares>
- Naciones Unidas. (2023). *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Desarrollo Sostenible. Proyecto de Desarrollo Sustentable de San Crisanto*: <https://sdgs.un.org/partnerships/proyecto-de-desarrollo-sustentable-de-san-crisanto>
- Ojeda, A., García, A., Romero, D. y Fraga, J. (noviembre, 2019). *Ecoturismo como herramienta de conservación en los humedales costeros de Yucatán, México*. DOI: <https://doi.org/10.35424/rcarto.i101.671>
- Ortiz, M.J. y Alejandre, S.N. (diciembre, 2020). La dimensión ambiental del desarrollo local desde el paradigma de la sostenibilidad. *Revista DELOS*, 13 (37). <https://www.eumed.net/es/revistas/delos/vol-13-no-37-diciembre-2020/desarrollo-local> <https://doi.org/10.51896/delos>
- Pasantes, B., Erazo, Z., Narváez, C. y Moreno, V. (2020). Estrategias de emprendimiento para el turismo comunitario. *Koinonia* 5 (10) 806-832. DOI: <https://doi.org/10.35381/r.k.v5i10.717>
- Peninsular Punto Medio. (18 de septiembre de 2021). *Cremitas de coco Sharemy, las mejores de Chelem*. <https://puntomedio.mx/cremitas-de-coco-sharemy-las-mejores-de-chelem/>
- Por Esto. (15 de sep de 2023). *Por Esto*. Ejidatarios de Chelem denuncian invasión de terrenos que destruyen el manglar. <https://www.poresto.net/yucatan/2023/9/15/ejidatarios-de-chelem-denuncian-invasion-de-terrenos-que-destruyen-el-manglar-399761.html>
- Porter, M. (2015). *Estrategia Competitiva. Técnicas para el Análisis de los Sectores Industriales y de la Competencia*. Grupo Editorial Patria S.A. de C.V. Segunda edición reformada https://books.google.com.mx/books?id=_n0dDAAAQBAJ&lpg=PA1&pg=PA1#v=onepage&q&f=false
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2023). *Los ODS en Acción. ¿Qué son los objetivos de Desarrollo sostenible?*: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Rebollar, A., Rebollar, S., Hernández, J., Peña, R., y Flores, A. (Enero-Junio 2018). Participación y especialización relativa regional de las actividades económicas en México, 2003-2013. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 42, 891-906. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14156175008>
- Ruas, M. (2024) *Nuevas Tecnologías, Nuevos Mercados: Oportunidades de Negocio en la Era Digital*. <https://es.linkedin.com/pulse/nuevas-tecnolog%C3%ADas-nuevos-mercados-oportunidades-de-negocio-ruas-x9y5f>
- Saligan, I., Salinas, V. y Del Carpio, P. (2017). Dificultades en torno a la producción artesanal. *Revista Jóvenes en la Ciencia*, 3(2), 1200-1204. <http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/4517/1/Dificultades%20en%20torno%20a%20la%20producci%C3%B3n%20artesanal.pdf>

- Secretaría de Economía, Subsecretaría de Comercio Exterior. (junio de 2024). *Mipymes mexicanas, motor de nuestra economía*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/923851/20240626_Dossier_MIPYMES_SALIDA_Interactivo_5_.pdf
- Secretaría de Pesca y Acuicultura Sustentable de Yucatán. (13 de septiembre de 2023). *Programa "Peso a Peso"*.
<https://x.com/sepasyucatan/status/1702088289388318724>
- Servicio de Administración Tributaria. (2023). *Conoce cuales son las obligaciones fiscales del Régimen de Actividades Empresariales*. <https://www.sat.gob.mx/consulta/30167/conoce-cuales-son-las-obligaciones-fiscales-del-regimen-de-actividades-empresariales#:~:text=A-,%C2%BFQu%C3%A9%20sanci%C3%B3n%20procede%20por%20no%20presentar%20mi%20Declaraci%C3%B3n%20Informativa%20de,100%25%20por%20>
- Sumario Yucatán. (13 de agosto de 2019). *Sumario Yucatán*. Aporte de los Yucatecos a la tempo:
<https://sumarioyucatan.com/el-aporte-de-los-yucatecos-a-la-temporada-vacacional/>
- Tesorería Municipal. (2021). *Licencia de funcionamiento*. Ayuntamiento de Mérida 2021-2024:
<http://www.merida.gob.mx/municipio/portal/finanzas/contenido/licfuncionamiento.php>
- UpKeep Technologies . (2024). *Los beneficios de los pedidos de comida en línea para restaurantes*.
<https://upkeep.com/es/learning/the-benefits-of-online-food-ordering-for-restaurants/>
- Uriarte, J. (20 de septiembre de 2018). *10 características para un negocio exitoso*.
<https://www.caracteristicas.co/negocio-exitoso/>
- Velpay. (24 de marzo de 2023). *¿Por qué se ha incrementado el uso de terminales bancarias en negocios de México?*
<https://velpay.com.mx/por-que-se-ha-incrementado-el-uso-de-terminales-bancarias-en-negocios-de-mexico/>
- Yáñez, A., Day, J. W., y Reyes, E. (2013). Understanding the coastal ecosystem-based management approach in the Gulf of Mexico. *Journal of Coastal Research* (63), 244-262. <https://doi.org/10.2112/SI63-018.1>



<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a11>
<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>
<https://www.facebook.com/avacient>

IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA Y PROGRAMA OPERATIVO ESTANDARIZADO DE SANITIZACIÓN EN EMPRESA DE BEBIDAS

Sandra Carmina Osuna Izaguirre¹, Cindy Rosas Domínguez²,
Gregorio Polloreña López³, Francisco Javier Valverde Juárez⁴,
José Ignacio Félix Vázquez⁵

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 23/09/2024 Aceptado: 13/11/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a12>

Resumen. - Las buenas prácticas de manufactura (BPM) y los procedimientos operativos estandarizados de saneamiento (POES) son herramientas primordiales para garantizar la inocuidad de los alimentos. La presente investigación tiene como objetivo la implementación de las buenas prácticas de manufactura (BPM) y del programa de operativo estandarizado de sanitización (POES) en una empresa que elabora bebidas a base de infusiones. Se realizó un diagnóstico inicial considerando las áreas, higiene del personal, limpieza y sanitización durante el procesamiento de las bebidas, se realizó capacitación de BPM y POES al personal, se implementaron manuales y se realizaron análisis microbiológicos antes y después de la implementación. En el diagnóstico inicial se cumplía con POES y BPM con el 48% y 49% respectivamente y se finalizó con un cumplimiento del 74% y 80%. En cuanto al análisis microbiológico, los valores de cuenta total de microorganismos mesófilos disminuyeron en superficies inertes y vivas después de la implementación. En cuanto al análisis por técnica coliformes totales en placa el resultado obtenido de <3 NMP/mL de coliformes totales se encuentra dentro de las especificaciones marcadas por la norma, sin embargo, es importante continuar con la implementación de BPM y POES para cumplir con la normatividad vigente.

Palabras Clave: Inocuidad, higiene, sanitización, bebidas.

IMPLEMENTATION OF GOOD MANUFACTURING PRACTICES AND STANDARDIZED SANITIZATION OPERATIONAL PROGRAM IN BEVERAGE COMPANY

Abstract. - Good manufacturing practices (GMP) and standardized operating procedures for sanitation (SOP) are essential tools to guarantee food safety. The objective of this research is the implementation of good manufacturing practices (GMP) and the standardized sanitation operation program (POES) in a company that produces infusion-based beverages. An initial diagnosis was carried out considering the areas, staff hygiene, cleaning and sanitation during the processing of beverages, GMP and POES training was carried out for staff, manuals were implemented and microbiological analyzes were carried out before and after implementation. In the initial diagnosis, compliance with POES and GMP was achieved with 48% and 49% respectively, and it was finalized with compliance of 74% and 80%. Regarding the microbiological analysis, the total count values of mesophilic microorganisms decreased on inert and live surfaces after implementation. Regarding the analysis by total coliform technique on plate, the result obtained of <3 NMP/mL of total coliforms is within the specifications set by the standard; however, it is important to continue with the implementation of GMP and POES to comply with the current regulations.

Keywords: Safety, hygiene, sanitation, beverages.

Introducción

En la industria alimentaria la transformación de materias primas en productos alimenticios inocuos y de calidad conlleva el uso de equipos o maquinaria, de instalaciones adecuadas, de personal capacitado. Para lograr la producción

¹ MEBC. Sandra Carmina Osuna Izaguirre. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Profesor tiempo completo. Perfil Deseable Prodep Vigente. <https://orcid.org/0009-0007-4427-9604> sandra.oi@guasave.tecnm.mx (**Autor correspondiente**).

² MC. Cindy Rosas Domínguez. Profesor tiempo completo. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Profesor tiempo completo. Perfil Deseable Prodep Vigente. <https://orcid.org/0000-0002-5340-504X> cindy.rd@guasave.tecnm.mx

³ MC. Gregorio Polloreña López. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Profesor tiempo completo. Perfil Deseable Prodep Vigente. <https://orcid.org/0000-0002-2847-0093> gregorio.pl@guasave.tecnm.mx

⁴ MC. Francisco Javier Valverde Juárez. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Profesor tiempo completo. <https://orcid.org/0000-0002-9730-8030> francisco.vj@guasave.tecnm.mx

⁵ IIA. José Ignacio Félix Vázquez. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Estudiante. 11825010317@guasave.tecnm.mx. <https://orcid.org/0009-0007-4427-9604>

de alimentos, es necesario contar con procedimientos de higiene y sanitización como las buenas prácticas de manufactura (BPM) y los procedimientos operativos estandarizados de saneamiento (POES). Además, contribuyen a evitar las enfermedades de transmisión alimentaria (ETAS), estas son las enfermedades que son ocasionadas por consumir alimentos o bebidas contaminadas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) menciona, que cada año, el consumo de alimentos contaminados causan 600 millones de casos de enfermedades transmitidas por alimentos. En México, se registraron durante el 2022, según el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), 3 millones 457 mil 964 casos de enfermedades infecciosas intestinales con más de 23 mil casos por intoxicación alimentaria bacteriana (Instituto Nacional de las personas adultas mayores [INAPAM], 2023, p.1).

Las ETAS pueden prevenirse, priorizando la higiene y sanitización en cada etapa de la cadena alimentaria, es decir, desde la recepción de la materia prima hasta la comercialización del producto alimenticio, evitando la contaminación física, química y biológica. Esto permite producir alimentos que cuenten con la inocuidad que asegura que las personas pueden consumirlo sin afectar su salud.

Las buenas prácticas de manufactura como menciona Díaz (2009), “son un conjunto de normas que determinan las actividades que se realizan durante la elaboración de un producto, las cuales establecen las actividades que se realizan durante la elaboración de un producto, que permiten asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad de acuerdo con el uso que tendrá y los requerimientos establecidos para comercializarlo” (p. 10).

Las BPM, se encuentran reglamentadas según la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) (2011), “en la Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, esta menciona las prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Que tiene como propósito que las buenas prácticas de higiene cumplan con los requerimientos mínimos durante el procesamiento de bebidas o suplementos alimenticios y sus materias primas a fin de evitar su contaminación a lo largo de su proceso”.

Los POES son una herramienta que contiene los procedimientos de higiene y sanitización para mantener las instalaciones, equipos y áreas en condiciones higiénicas, a su vez las BPM, como menciona la Secretaría de Salubridad y Asistencia (2009), contienen requisitos como el control del procesamiento del alimento, la higiene del personal, mantener controlados el agua, residuos sólidos, las materias primas, entre otros. La vinculación de POES y BPM aseguran procesos y alimentos que cumplen con la normatividad lo que permite implementar otros programas como el análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP).

La implementación de POES en la industria de alimentos, constituye la base de partida para la higiene y sanitización de las áreas, equipos e instalaciones. Mediante el uso de un plan que contenga los procedimientos detallados, los detergentes o sanitizantes para llevar a cabo la limpieza según las características del alimento que se procesa y los registros de las actividades.

En cuanto a las BPM, la implementación se lleva a cabo siguiendo un plan que considere el control de plagas, los residuos, control de la materia prima, capacitación a manipuladores del alimento, asimismo, Oliveira et. al, (2016) “mencionan otros elementos como las instalaciones, el control de los procesos, almacenamiento y distribución, la limpieza y sanitización” (p. 219).

Además, reduce significativamente el riesgo de originar infecciones e intoxicaciones alimentarias a la población consumidora y contribuye a formar una imagen de calidad, reduciendo las posibilidades de pérdidas de producto al mantener un control preciso y continuo sobre las edificaciones, equipos, personal, materias primas y procesos (Beltrán, 2017).

La industria de bebidas se está innovando constantemente, encontrando retos como: optimizar sus procesos considerando el impacto ambiental y social, los avances tecnológicos y las nuevas tendencias de consumo. Para enfrentar dichos retos es necesaria que las empresas dedicadas a la elaboración de bebidas puedan garantizar la elaboración de bebidas inocuos y de calidad. El propósito de esta investigación es implementar las buenas prácticas de manufactura y de procedimientos operativos estandarizados de saneamiento en una empresa que elabora bebidas a base de infusiones.

Marco teórico

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2006), “la seguridad alimentaria permite que las personas puedan acceder en el aspecto económico y físicos a alimentos que cumplan con la inocuidad y contengan propiedades nutritivas que le permitan llevar una vida sana” (p.4).

El concepto de seguridad alimentaria según Salazar y Muñoz (2019), “abarca cuatro dimensiones: la disponibilidad se refiere a la oferta de alimentos a nivel nacional o local. El acceso se refiere a la disponibilidad de recursos con la que cuentan los hogares (p.ej., financieros, físicos) para adquirir una cantidad apropiada de alimentos. La utilización se refiere a la calidad de los alimentos requerida para obtener un estado nutricional adecuado y vivir una vida saludable. A estabilidad se refiere a la capacidad de tener acceso constante a cantidades adecuadas de alimentos de calidad” (p.6).

Los atributos de calidad y la inocuidad de los alimentos son primordiales, como menciona Fuente y Barboza (2010), “la inocuidad es uno de los cuatro grupos básicos de características que, junto con las nutricionales, las organolépticas y las comerciales, componen la calidad total de los alimentos. Un alimento inocuo es aquel que no ocasiona un daño o enfermedad a la persona que lo consume. Debido a la fuerte relación que existe entre la inocuidad y la salud de los consumidores, el obtenerla adquiere importancia fundamental e indiscutible” (p.44).

La pérdida de la inocuidad en cualquier etapa de la cadena alimentaria está relacionada con diferentes peligros (químicos, físicos y biológicos). Según, Sofos y Smith (2009), “los peligros físicos incluyen objetos extraños como piedras, huesos, vidrio, metal, material de construcción, etc. Estos materiales no deseados son estéticamente inaceptables y pueden causar daños físicos, y daños psicológicos a los consumidores. Los peligros químicos incluyen toxinas naturales, exceso residuos de productos químicos agrícolas, intencionales o aditivos alimentarios accidentales, detergentes, desinfectantes y otras sustancias tóxicas. Y los peligros biológicos como los de naturaleza bacteriana, parasitaria, viral y priónica” (p.461).

La contaminación biológica y química de los alimentos puede provocar un daño en la salud del consumidor. González y Carroza, (2019), “mencionan que las enfermedades de transmisión alimentaria (ETA), se originan por el consumo de alimentos contaminados microbiológicamente o químicamente en alguna etapa de la cadena alimentaria, resulta una problemática de salud que va en aumento mundialmente” (p.28).

“Las ETA pueden manifestarse a través de infecciones, intoxicaciones y toxi-infecciones. Las infecciones resultan de la ingestión de alimentos que contienen microorganismos vivos perjudiciales. Las intoxicaciones se dan por la ingesta de alimentos con toxinas provenientes de plantas, animales o productos metabólicos de microorganismos en los alimentos. En cuanto a las toxi-infecciones son producidas por la ingestión de alimentos con una cantidad de microorganismos causantes de enfermedades, los cuales son capaces de producir o liberar toxinas una vez que son ingeridos” (Baggini, 2020, p.161).

Existen normas para evitar las enfermedades de transmisión alimentaria, Espinosa y Hernández, (2021) mencionan que “a nivel internacional, el Codex Alimentarius desarrolla normas y directrices de la BPM con la finalidad de otorgar protección al consumidor, estas son adoptadas por los distintos gobiernos e incorporadas a las indicaciones y recomendaciones en su normativa sanitaria” (p. 6).

De acuerdo a Fung et. al, (2018) “los consumidores piden alimentos con atributos de calidad y seguridad que les proporcione energía y nutrientes suficientes para llevar a cabo su vida cotidiana. Ante un consumidor informado el gobierno debe avalar que los productos alimenticios son seguros y vendan lo que declaran en la etiqueta del producto” (p. 89).

“Las fallas en la inocuidad en la cadena agroalimentaria es uno de los principales factores para originar ETAS; un buen plan de inocuidad es una principal herramienta en la prevención de las enfermedades transmitidas por los alimentos a los humanos” (Espinoza et. al, 2022, p.35).

Un procedimiento de inocuidad son las BPM, como menciona Hasnan et. al, (2022) “Las buenas prácticas de manufactura se entienden como un sistema de requisitos previos que contiene las prácticas adecuadas para controlar las condiciones operativas dentro de un local donde se elaboren alimentos y, así, establecer un ambiente higiénico para producir alimentos seguros”.

“Los alimentos son inocuos cuando son procesados y manipulados bajo determinadas condiciones sanitarias. Por esto, es de esperar que cualquier establecimiento dedicado a la producción, almacenamiento y expendio de alimentos cuente

con la implementación de las Buenas Prácticas de Manufactura (BMP) o *Good Manufacturing Practices* (GMP), conocida por sus siglas en inglés” (García et. al, 2017, p. 43).

De acuerdo a Malavi et. al. (2018), “la ejecución y el cumplimiento constante de las BPM o buenas prácticas de fabricación (BPF), durante el procesamiento es una forma de lograr la calidad microbiológica y la seguridad de los alimentos” (p.2).

“Las buenas prácticas de fabricación son vínculos cruciales con todos los elementos que garantizan la calidad, seguridad y eficacia de los alimentos en relación con los empleados, las instalaciones, el medio ambiente, el control de procesos y el equipo que cumplen con sus especificaciones y propósitos. Por lo tanto, para impulsar la comprensión entre consumidores y productores y mejorar el dinamismo positivo, es fundamental adaptar e implementar buenas prácticas agrícolas y de fabricación” (Olaniran et. al, 2024, p.417).

“El saneamiento proporciona las condiciones higiénicas necesarias para producir alimentos seguros. Los Procedimientos Operativos Estándar de Saneamiento (POES) son procedimientos detallados que especifican qué limpiar, cómo limpiar, con qué frecuencia limpiar y registros utilizar para monitorear los procedimientos de limpieza”. (Ho et. al, 2020, p.175).

Los POES son procedimientos que se dividen en preoperatorios y operativo, según Lee et. al, (2021) “los POES preoperatorios son las actividades de limpieza que se deben realizar en equipos, instalaciones, utensilios, las cuales son superficies que están en contacto con el alimento para impedir la contaminación o adulteración directa del producto. Los POES operativos se establecieron para describir los procedimientos sanitarios de rutina diaria que se realizarán durante las operaciones para la prevención de la adulteración por contaminación directa e indirecta del producto” (p.7).

Quintela y Paroli (2013), “mencionan que los establecimientos donde se manejan alimentos, los POES deben estar presentes y realizarse diariamente, de esta forma se garantiza que los productos alimenticios son aptos para el consumo humano. Son herramientas que aseguran la inocuidad de los alimentos y cada empresa de acuerdo al ramo alimenticio debe poseer un Manual de POES, que tenga en su contenido la planificación de un programa de limpieza que describa los procedimientos de limpieza, sanitización, personal responsable y la frecuencia” (p.10).

“Los POES son eficaces cuando promueven la coherencia al momento de implementar los procesos o procedimientos (incluso cuando hay cambio de personal) y pueden aumentar la eficiencia mediante la reducción de la carga de trabajo de los empleados” (Mekonen et. al, 2014, p.124).

Es importante mencionar que antes de implementar el programa de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de control (APPCC o HACCP por sus siglas en inglés), según Castañeda et. al (2016), “se debe cumplir con los programas de prerrequisitos que son: Buena Prácticas de Manufactura (BMPs o GMPs por sus siglas en inglés), Procedimientos Operativos Estándar de Sanitización (POES o SSOPs por sus siglas en inglés), y Control de plagas y Programas de capacitación entre otros”.

En la industria de las bebidas es importante cumplir con las exigencias del consumidor ante un mercado competitivo, como menciona Aadil et. al, (2019) “el uso de un sistema de gestión de calidad (QMS) que incluye buenas prácticas de manufactura y la constante evaluación en la calidad tanto de la materia prima como el procesamiento, envasado y análisis microbiológico y sensorial garantiza la seguridad de las bebidas. Estos análisis permiten identificar evidencias de contaminantes, ingredientes, aditivos plásticos y pesticidas” (p.1).

Materiales y métodos

El experimento se realizó en las instalaciones de una empresa local de bebidas elaboradas a partir de infusiones. Para la realización de esta investigación se realizó al inicio un diagnóstico de la empresa, el cual consistió en un recorrido de reconocimiento en cada etapa del procesamiento de las bebidas, las cuales son recepción e inspección de la materia prima, cocción, reposo, enfriado, filtrado, mezclado, cocción, envasado, etiquetado y almacenamiento.

Se utilizó para verificar una lista con especificaciones para realizar el diagnóstico inicial para BPM y POES, la cual se elaboró según la NOM-251-SSA1-2009. El llenado de la lista de verificación se realizó por inspección visual donde se evaluó si cumplía o no cumplía con las especificaciones.

La elaboración del manual de POES, se basó en la NOM-251-SSA1-2009 y en el Manual de supervisión del Sistema tipo inspección federal emitido en el 2019, por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad agroalimentaria (SENASICA) y Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA). Previamente, se consideran las actividades y operaciones de cada etapa, así como los equipos, materiales y utensilios utilizados durante el procesamiento de las bebidas. Este manual contiene los POES operativos y pre-operativos, control de plagas, control de la calidad del agua, manejo de productos químico, higiene del personal, entre otros.

En la implementación del manual se realizó el llenado de los formatos en los cuales se registró el cumplimiento del personal con las instrucciones de las actividades a realizar. Para esto se utilizaron los formatos que se encuentran en el manual de POES. Además, se registró el cumplimiento de los procedimientos para verificar que se realizaran las actividades de manera correcta, señalando observaciones y el cumplimiento o no cumplimiento de las especificaciones.

Las capacitaciones de BPM y POES, se realizaron antes de la implementación, utilizando ponencias sobre la importancia, conceptos, la aplicación de los formatos, el llenado de los registros además de aplicar una evaluación diagnóstica y final.

Para determinar la efectividad de la implementación, se realizaron evaluaciones microbiológicas. Para la toma de muestras se aplicó muestreo por esponja, utilizando bolsas estériles, la esponja contenida en la bolsa se humedeció con agua peptonada previamente esterilizada, se tomó la esponja y se pasó por el área correspondiente.

Los análisis microbiológicos se realizaron en superficies vivas e inertes, los microorganismos evaluados fueron mesófilos aerobios y coliformes totales, la metodología utilizada fue de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994 y NOM-113-SSA1-1994, respectivamente. Las evaluaciones microbiológicas se llevaron a cabo previamente a la implementación y una vez implementada las BPM y POES. Los resultados se reportaron en unidades formadoras de colonia por gramo (UFC/g).

Para el análisis microbiológico de mesófilos aerobios en placa, se realizó 5 diluciones para cada bebida, la cual se preparó con muestra de la bebida y agua peptonada, en base a la NOM-110-SSA1-1994. Para el procedimiento de siembra microbiológica se tomó como referencia la NOM-092-SSA1-1994, donde se sembró 1 ml por cada dilución por duplicado en agar para cuenta estándar en cajas petri de plástico dentro de una campana de flujo laminar esterilizada. Seguido de esto, se esperó la solidificación del agar y se colocaron las cajas petri en una incubadora a 35°C, se revisaron a las 24 y 48 horas (Secretaría de Salubridad y Asistencia, 1994, p.2).

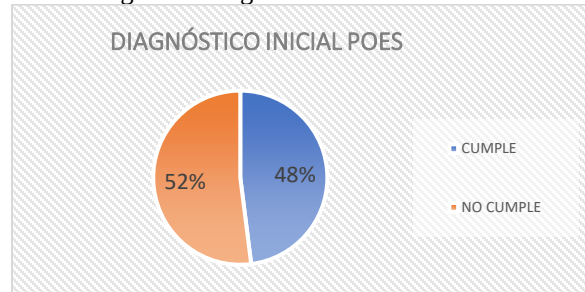
Para la técnica de coliformes totales en placa se realizó el mismo procedimiento para elaborar las diluciones, en este caso se sembró en agar bilis rojo violeta, de igual manera se colocaron en la incubadora a 35°C por 24 horas, pasado el tiempo, se sacaron y se procedió a registrar las unidades formadoras de colonia (UFC), según la técnica de la NOM-113-SSA1-1994. (Secretaría de Salubridad y Asistencia, 1994, p.3).

Resultados

Para conocer las condiciones iniciales de las diferentes áreas y equipos dentro de la empresa se elaboró una lista de verificación en base a la NOM-251-SSA1-2009, además como menciona Huánuco et. al, (2021) “es importante considerar una detallada búsqueda de información, seleccionar el formato que mejor se adaptara al proceso en estudio y luego contrastarlo con las sugerencias de los expertos” (p.179).

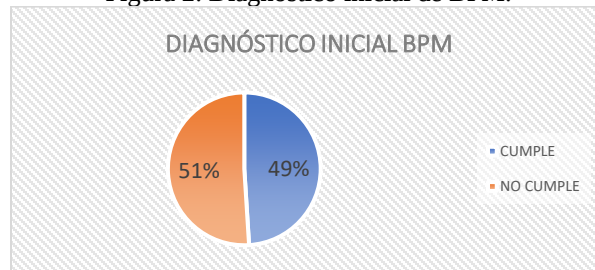
En el diagnóstico de la planta, se obtuvo un cumplimiento del 48% según la lista de verificación utilizada, esto debido a la falta de métodos adecuados de limpieza y de higiene (ver Figura 1). En la empresa se contaba con un manual de BPM, por lo que se procedió a evaluar el grado de cumplimiento el cual fue de 49%, como se muestra en la Figura 2.

Figura 1. Diagnóstico inicial de POES.



Nota: Elaboración propia.

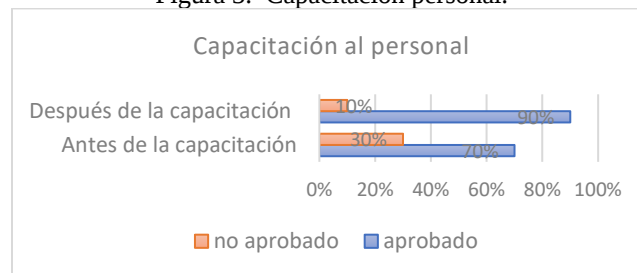
Figura 2. Diagnóstico inicial de BPM.



Nota: Elaboración propia.

La capacitación del personal fue el siguiente paso para lograr una implementación efectiva de BPM y POES. Previamente se aplicó una evaluación diagnóstica para reconocer los conocimientos previos del personal. Esta permitió identificar los puntos a abordar en la capacitación. Como resultado de la evaluación diagnóstica se obtuvo que el 70% tenía los conocimientos básicos. En base a esto se inició la capacitación y una vez finalizada se realizó una evaluación final obteniendo el 90% de personal aprobado, como se muestra en la Figura 3.

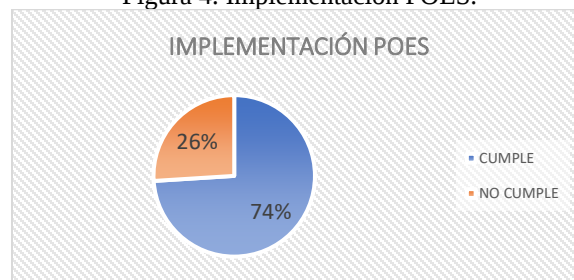
Figura 3. Capacitación personal.



Nota: Elaboración propia.

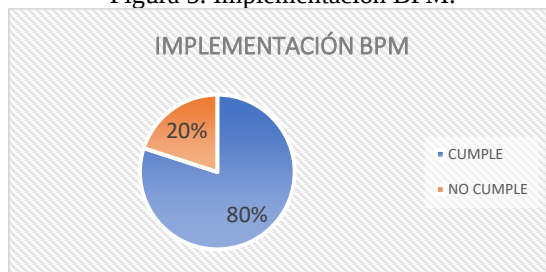
Posteriormente se realizó la implementación de POES, se obtuvo un aumento en el grado de cumplimiento del 22% (ver Figura 4). En cuanto al grado de cumplimiento de las BPM, mejoró en un 31% (ver Figura 5).

Figura 4. Implementación POES.



Nota: Elaboración propia.

Figura 5. Implementación BPM.



Nota: Elaboración propia.

Para comprobar el cumplimiento de POES y BPM, se evaluó microbiológicamente en dos momentos, primeramente, se realizó al iniciar la investigación bajo las condiciones normales de procesamiento de las bebidas y una vez implementados los manuales. En la Tabla 1, se muestran los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos de cuenta total de microorganismos mesófilos en superficies vivas e inerte antes de la implementación.

Tabla 1. Valores de cuenta total de microorganismos mesófilos (UFC/cm²) en superficies vivas e inertes antes de la implementación.

Muestras	UFC/cm ²	Límites permisibles
Superficie inerte 1	83 000	<400 UFC/cm ²
Superficie inerte 2	Crecimiento extendido	
Superficie inerte 3	1 50000	
Superficie viva 1	8000	<3000 UFC/cm ²

Nota: Elaboración propia.

Después de aplicar POES y BPM, se evaluó microbiológicamente la cuenta total de microorganismos mesófilos (UFC/cm²), tanto en superficies vivas como inertes, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de cuenta total de microorganismos mesófilos (UFC/cm²) en superficies vivas e inertes después de la implementación.

Muestras	UFC/cm ²	Límites permisibles
Superficie inerte 1	30 000	<400 UFC/cm ²
Superficie inerte 2	130 000	
Superficie inerte 3	90 000	
Superficie viva 1	2000	<3000 UFC/cm ²

Nota: Elaboración propia.

En cuanto a los análisis microbiológicos por técnica coliformes totales en placa (NMP/mL) a las bebidas a base de infusiones, se encuentran en la Tabla 3. Aquí se muestran los límites permitidos (10 NMP/ML), según la NOM-218-SSA1-2011, que describe las condiciones y prácticas sanitarias para bebidas saborizadas no alcohólicas.

Tabla 3. Valores de coliformes totales en placa (NMP/mL).

Muestras	NMP/mL	Límites permisibles
Bebida 1	<3	10 NMP/mL
Bebida 2	<3	

Nota: Elaboración propia.

Discusión

En el diagnóstico de la planta, en lo referente a POES, se encontraron fallas en la limpieza de instalaciones. Esto debido a la falta de procedimientos documentados y registros. En las BPM, el grado de cumplimiento que se obtuvo se debió a la falta de implementación del manual, una limpieza deficiente y en cuanto al personal se detectó el lavado de manos incorrecto que ocasionan una contaminación cruzada. Laughman (2018), menciona que “para evitar la contaminación cruzada en la planta, debe considerar cada paso de la cadena y hacer todo lo posible para garantizar que ninguno de los eslabones sea débil. Para hacerlo, es necesario examinar el manejo de materiales, la producción y las operaciones generales, considerar cómo algo puede salir mal en cada paso y luego diseñar un sistema destinado a evitar esas fallas”.

La capacitación del personal se realizó en base a los resultados de la evaluación diagnóstica al personal sobre BPM, se determinó el material didáctico, ponencias, ejemplificaciones sobre los procedimientos de limpieza y uso correcto de los detergentes y sanitizantes a utilizar. Una vez finalizada la capacitación se realizó una evaluación obteniendo resultados favorables, lo que indica una mejora en los conocimientos sobre la implementación de BPM y POES por parte del personal. Carrasco et. al, (2013) “obtuvo un 80% en evaluaciones a manipuladores de alimentos reflejando el impacto de las capacitaciones” (p.9).

Es importante considerar, como menciona Cusato et. al, (2013) “que existe mayor resistencia a los cambios de hábitos y conductas con respecto a la higiene en los trabajadores que tienen mayor tiempo laborando, en comparación con los ingresados recientemente”.

Posteriormente se realizó la implementación de POES, el cual aumento el porcentaje, al cumplir con la correcta limpieza de las áreas, instalaciones y equipos, aplicación adecuada de detergentes y sanitizantes, además el personal mejoro las prácticas de higiene. Sucipto et. al, (2020) “reportaron resultados inferiores de cumplimiento del 53.2% de POES, debido a fallas en el sistema de agua” (p.9). De acuerdo a Saltos et. al, (2018) “las causas esenciales de contaminación fueron falta de control microbiológico, falta de control del aspecto del personal y falta de control del agua” (p.379).

EL grado de cumplimiento de las BPM, mejoró, resultados similares mostró Firdaus et. al (2015), encontrando que el 79% de los manipuladores de alimentos cumplían con la correcta práctica de higiene, limpieza y manipulación de los alimentos. Asimismo, Estigarribia et. al, (2020) reportó que el 79.92% cumplían a nivel práctico con las normas de higiene y manipulación de alimentos, donde el 95.79% consideraba primordial el cumplimiento de estas (p.22).

Los valores de cuenta total de microorganismos mesófilos de las superficies inertes muestra valores por arriba de lo marcado en la NOM-093-SSA1-1994, lo que indica fallas en la limpieza y desinfección, sin embargo en las superficies viva la carga microbiana es menor aunque también supera los límites permisibles, la Secretaría de Salubridad y Asistencia (1994) menciona “en la NOM-093-SSA1-1994 que en superficies inertes la cuenta total de mesofílicos aerobios debe tener < 400 UFC/cm² y en superficies vivas < 3000 UFC/cm²”. Como señala Hasnan et. al, (2022), esto es debido a las condiciones sanitarias inadecuadas, siendo el incumplimiento más frecuente.

Con base a estos resultados, es fundamental llevar a cabo medidas correctivas como la implementación de POES y BPM en la empresa. En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos de superficies vivas e inerte después de la implementación Después de la puesta en marcha de los manuales de POES y BPM, los resultados muestran una disminución de la carga microbiana en las superficies inertes, sin embargo, se encuentra con valores superiores a los límites permisibles, según la NOM-093-SSA1-1994.

Es importante continuar con la implementación de POES Y BPM, para lograr cumplir con la normatividad. Suryanto et. al, (2019) “reporta fallas en la implementación debido a que los equipos no eran de fácil lavado y desinfección, además algunos eran de madera” (p.4). La NOM-251-SSA1-2009 “menciona que la superficie de equipo y utensilios que se usan en el procesamiento de alimentos tienen que ser lisos, lavables y sin fracturas, de tal manera que permitan su lavado y desinfección de manera correcta”. Bastías et. al, (2013) “reportan calidad microbiológica deficiente en mesófilos aerobios debido a baja capacitación del personal” (p.167).

Asimismo, los valores de carga microbiana en superficie viva disminuyo, cumpliendo con los límites marcados por la norma. Costa et. al, (2012), reportaron “resultados favorables en superficies vivas, debido a modificaciones realizadas para mejorar las condiciones higiénicas”. Aviat et. al, (2020), mencionan “para evitar las enfermedades de transmisión alimentaria es importante considerar la higiene en superficies que tienen contacto con el alimento” (p.2).

En los resultados, por técnica coliformes totales en placa el número más probable por mililitro (NMP/mL) en las bebidas a base de infusiones, de acuerdo a la Secretaría de Salubridad y Asistencia (2011) en adala NOM-218-SSA1-2011 especifica el límite máximo permitido de coliformes totales de 10 NMP/ml, comparándolo con el resultado obtenido en las bebidas 1 y 2 de <3 NMP/mL de coliformes totales se encuentra dentro de las especificaciones marcados por la norma. Al respecto Maldonade et. al, (2019) reporta una relación estrecha entre las buenas prácticas de manufactura aplicadas en alimentos mínimamente procesados y la disminución en la tasa de contaminación, generando productos más confiables (p.7).

Conclusión

Las buenas prácticas de manufactura y los procedimientos estandarizados de saneamiento son herramientas indispensables al momento de priorizar la higiene y la sanitización de las áreas, personal, utensilios e instalaciones en una empresa del ramo alimenticio. El manejar y aplicar manuales de BPM y POES, es la base para iniciar la implementación de manera adecuada, llevando registros de las actividades ya sea relacionadas con la higiene y limpieza o con parámetros del proceso, de esta manera el objetivo es cumplir con la calidad y obtener productos alimenticios seguros para el cliente, en este caso las bebidas.

La implementación de BPM y POES deben ser constantes y estar presentes en cada etapa del procesamiento del alimento desde el inicio del proceso hasta su almacenamiento y distribución. También es importante la capacitación en el personal tanto de nuevo ingreso como al personal más antiguo, esto permitirá que el trabajador conozca el propósito de BPM y POES para brindarles las herramientas que le permitan realizar de manera correcta y efectiva su labor en la empresa.

Los análisis microbiológicos en superficies inertes y vivas, permiten identificar las áreas de oportunidad y analizar los procedimientos de limpieza y detergentes más adecuados según la naturaleza de la superficie. Es importante también en las bebidas realizar estos análisis para asegurar la calidad microbiológica y vida de anaquel.

POES y BPM, son sin duda primordiales para lograr implementar HACCP, con estas herramientas correctamente implementadas la empresa asegura la calidad y la inocuidad, permitiendo competir y expandirse en el mercado de bebidas.

Referencias

- Aadil, R.M.; Madni, G.M.; Roobab, U.; ur Rahman, U.; Zeng, X.-A. (2019). *Quality control in beverage production: An overview*. Q. Control Bever. Indust, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816681-9.00001-1>
- Aviat, F., Le, I., Federighi, M., & Montibus, M. (2020). *Comparative study of microbiological transfer from four materials used in direct contact with apples*. International Journal of Food Microbiology, 333, 108780. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.1087>
- Baggini, S. (13 de agosto de 2020). Enfermedades transmitidas por los alimentos. Ediciones Servicop. 2020 <https://bit.ly/47y145v>
- Bastías M, José Miguel, Cuadra H, Marcela, Muñoz F, Ociel, & Quevedo L, Roberto. (2013). *Correlación entre las buenas prácticas de manufactura y el cumplimiento de los criterios microbiológicos en la fabricación de helados en Chile*. Revista chilena de nutrición, 40(2), 161-168. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000200011>
- Carrasco M, Guevara B, Falcón N.(2013). *Conocimientos y buenas prácticas de manufactura en personas dedicadas la elaboración y expendio de alimentos preparados, en el distrito de Los Olivos*. Salud tecnol vet. 2013;1:7–13 <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/STV/article/view/104/86>
- Castañeda, R., Fuentes, C., & Peñarrieta, J. (14 de agosto de 2016). *Assessment of pre-requirements of haccp and analysis of critical control points for safety during production of artisanal and industrial bread*. Revista Boliviana de Química, 33(5), 196-208. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602016000500007&lng=es&tlng=es.
- Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios. (2011). Norma Oficial Mexicana. NOM-251-SSA1-2009. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/168389/FOLLETO_ALIMENTOS_NOM-251.compressed.pdf
- Costa, M., Sant'Ana, S., Cruz, G., Faria, J. de A. F., Fernandes de Oliveira, A., & Bona, E. (2012). *On the implementation of good manufacturing practices in a small processing unity of mozzarella cheese in Brazil*. Food Control, 24(1-2), 199–205. doi:10.1016/j.foodcont.2011.09.028

- Cusato S, Gameiro AH, Corassin CH, Sant'ana AS, Cruz AG, Faria Jde A, de Oliveira CA. (2013). *Food safety systems in a small dairy factory: implementation, major challenges, and assessment of systems' performances*. Foodborne Pathog Dis. 2013 Jan;10(1):6-12. doi: 10.1089/fpd.2012.1286. Epub 2012 Nov 15. PMID: 23153286.
- Díaz, A. (2009). Buenas prácticas de manufactura: una guía para pequeños y medianos agroempresarios. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura – IICA.
- Espinosa, G. y Hernández, W. (2021). *Gestión de la calidad y BMP en micro y pequeños establecimientos fabricantes de bebidas alcohólicas en Colombia*. Signos, Investigación en Sistemas de Gestión, 13(2). <https://doi.org/10.15332/24631140.6662>
- Espinoza-Tellez, Teófilo, Quevedo-León, Roberto, & Ávila-Pizarro, Yennifer. (2022). *Los alimentos como transmisores de virus: Una revisión*. Scientia Agropecuaria, 13(1), 25-42. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172022000100025
- Estigarribia, G., Aguilar, G., Ríos, P., Ortíz, A., Martínez, P., & Ríos-González, C. M. (2020). *Conocimientos, actitudes y prácticas sobre buenas prácticas de manufactura de manipuladores de alimentos en Caaguazú, Paraguay*. Revista De Salud Pública Del Paraguay, 9(2), 22–28. <https://doi.org/10.18004/rspp.2019.diciembre.22-28>
- Firdaus S, Son R, Mohhiddin O, Toh P, Chai L. (2015). *Food court hygiene assessment and food safety knowledge, attitudes and practices of food handlers in Putrajaya*. Int Food Res J. 2015;22(5):1843–54. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20153293852>
- Fuente S., & Barboza C. (2010). *Inocuidad y bioconservación de alimentos*. Acta Universitaria, 20(1), 43-52. <https://doi.org/10.15174/au.2010.76>
- Fung, F., Wang, H. S., & Menon, S. (2018). *Food safety in the 21st century*. Biomedical journal, 41(2), 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2018.03.003>
- García, L., García, X., Gonzalez, L., & Canese, J. (2017). Buenas Prácticas de Manufactura en comedores del Mercado Central de Abasto de Asunción, Paraguay. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 15(1), 42-47. [https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2017.015\(01\)42-047](https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2017.015(01)42-047)
- González, E., & Carroza, G. (2019). Enfermedades de Transmisión Alimentaria. Parte I. *Badajoz Veterinaria*, (16), 26-33. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7137398>
- Hasnan, N. Z. N., Basha, R. K., Amin, N. A. M., Ramli, S. H. M., Tang, J. Y. H., & Aziz, N. A. (2022). *Analysis of the most frequent nonconformance aspects related to Good Manufacturing Practices (GMP) among small and medium enterprises (SMEs) in the food industry and their main factors*. Food Control, 141, 109205. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109205>
- Ho, KL.G., Sandoval, A. (2020). *Sanitation Standard Operating Procedures (SSOPs)*. In: Demirci, A., Feng, H., Krishnamurthy, K. (eds) Food Safety Engineering. Food Engineering Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42660-6_7
- Huánuco, L., Cevallos J., & Campos, C. (2021). *Validez y fiabilidad de una lista de verificación en Buenas Prácticas de Manufactura para la industria de agrobiológicos*. Industrial Data, 24(2), 175-191. Epub 31 de diciembre de 2021. <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i2.20348>
- Instituto Nacional de las personas adultas mayores [INAPAM] (31 de julio de 2023). “Las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) tienen mayor riesgo de contraerlas las personas adultas mayores”. <https://bit.ly/4e00sYZ>
- Laughman, C. (21 de febrero de 2018). *How food processors can fight cross-contamination*. Food Engineering. <https://www.foodengineeringmag.com/articles/97333-how-food-processors-can-fight-cross-contamination>
- Lee C., Daraba A, Voidarou C, Rozos G, Enshasy HAE, Varzakas T. *Implementation of Food Safety Management Systems along with Other Management Tools (HAZOP, FMEA, Ishikawa, Pareto)*. The Case Study of *Listeria monocytogenes* and Correlation with Microbiological Criteria. Foods. 2021; 10(9):2169. <https://doi.org/10.3390/foods10092169>
- Malavi, D. N., Muzhingi, T., & Abong', G. O. (2018). *Good Manufacturing Practices and Microbial Contamination Sources in Orange Fleshed Sweet Potato Puree Processing Plant in Kenya*. International Journal of Food Science, 2018, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2018/4093161>
- Maldonado, I.R.; Ginani, V.C.; Riquette, R.F.R.; Gurgel-Gonçalves, R.; Mendes, V.S.; Machado, E.R. (2019). *Good manufacturing practices of minimally processed vegetables reduce contamination with pathogenic microorganisms*. Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo 2019, 61, e14. <https://doi.org/10.1590/S1678-9946201961014>
- Mekonen, Y., I. Muhie, and S. K. Melaku. (2014). *Significance of HACCP and SSOP in food processing establishments*. World J. Dairy Food Sci. 9:121–126.DOI: 10.5829/idosi.wjdfs.2014.9.2.84199
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (4 de octubre 2022). Seguridad alimenticia. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2006). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2006. La erradicación del hambre en el mundo: evaluación de la situación diez años después de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación. <https://openknowledge.fao.org/items/deaa7e25-e466-42af-8f62-47b012fa4025>
- Olaniran, A., Taiwo, A., Iranloye, Y. & Okonkwo, C. (2024). *Chapter 21 The role of good agricultural practices (GAPs) and good manufacturing practices (GMPs) in food safety*. In O. Ijabadeniyi & O. Folake Olagunju (Ed.), *Food Safety and Toxicology: Present and Future Perspectives* (pp. 417-432). Berlin, Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110748345-021>
- Oliveira C A F, Cruz A G, Tavolaro P, Corassin C H 2016 Food Safety: Good Manufacturing Practices (GMP), Sanitation Standard Operating Procedures (SSOP), Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) Antimicrobial Food Packaging (Cambridge: Academic Press) chapter 10 pp 129-139 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800723-5.00010-3>
- Quintela, A., & Paroli, C. (2013). Guía práctica para la aplicación de los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES). Servicio de Regulación Alimentaria, 12-50. https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/poes1_05apr2013_cierre_11.pdf
- Salazar, L., Muñoz, G. (1 de julio 2019). Seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe. <http://dx.doi.org/10.18235/0001784>
- Salto J., López A, Martínez J y Guerrero D. 2018. *La implementación de procedimientos estandarizados en la prevención de Enfermedades transmitidas por los alimentos. Conteo microbiológico del Staphylococcus aureus en quesos frescos*. Rev Méd. 40(2). <http://scielo.sld.cu/pdf/rme/v40n2/rme130218.pdf>
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994: Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0 [10]
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994: Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4882432&fecha=04/10/1995#gsc.tab=0
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994: Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4883170&fecha=16/10/1995#gsc.tab=0
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994: Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69536.pdf>
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (2009). Norma Oficial Mexicana. NOM-251-SSA1-2009: Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm>
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (2011). Norma Oficial Mexicana. NOM-218-SSA1-2011: Productos y servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba. <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4643/salud/salud.htm>
- Sofos J. y Smith, G. (2009). The role of slaughter hygiene in food safety. *Agricultural Mechanization and Automation. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. Edition: Volume 2, 524 pages; <http://www.eolss.net/ebooklib/ebookcontents/e5-11-themecontents.pdf>
- Sucipto, S., Sumbayak, P. W., & Perdani, C. G. (2020). *Evaluation of Good Manufacturing Practices (GMP) and Sanitation Standard Operating Procedure (SSOP) Implementation for Supporting Sustainable Production in Bakery SMEs*. *Turkish Journal of Agriculture. Food Science and Technology*, 8(1), 7–12. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i1.7-12.1960>
- Suryanto, E. (2019) *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 387 012114. DOI 10.1088/1755-1315/387/1/012114 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/387/1/012114/pdf>



<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a12>

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>

<https://www.facebook.com/avacient>

DIAGNÓSTICO DE LOS NODESS EN EL ESTADO DE GUERRERO

Paula Adriana Leyva Alarcón¹, María Esther Durán Figueroa²,
María Ivett Peralta Rodríguez³, Sergio Ricardo Zagal Barrera⁴,
Erika Oropeza Bruno⁵

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 07/10/2024 Aceptado: 13/11/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a13>

Resumen.- Los principales sectores económicos del estado de Guerrero son: el turismo, agricultura, minería, comercio y pesca; con una población total de 3'540,685 habitantes, en 2022 el 60.4% de los guerrerenses vivía en situación de pobreza y el 22.2% en pobreza extrema. La presente investigación tiene por objetivo identificar los conceptos relacionados con la Economía Social Solidaria (ESS) aplicados en el funcionamiento de los Nodos de Impulso a la Economía Social y Solidaria (NODESS), identificando los que operan en el estado de Guerrero, su alcance y los sectores atendidos en la región a la que pertenecen. En cuanto a la metodología se realizó un estudio exploratorio y transversal utilizando la técnica de entrevista vía Microsoft Teams, plataformas digitales, correos electrónicos a los responsables de los NODESS, y también se solicitó información pública en la Plataforma Nacional de Transparencia. El estado de Guerrero se encuentra dividido en 8 regiones, en 6 de ellas existen 12 NODESS vigentes, en los cuales se atienden las seis dimensiones de la ESS de manera satisfactoria. Al realizar esta investigación se identificó un área de oportunidad para la creación de NODESS en la región Centro del estado de Guerrero.

Palabras Clave: Bienestar social, Desarrollo económico y social, Desarrollo sostenible.

DIAGNOSIS OF THE NODESS IN THE STATE OF GUERRERO

Abstract.- The main economic sectors in the state of Guerrero are: tourism, agriculture, mining, commerce and fishing; with a total population of 3'540,685 inhabitants, in 2022, 60.4% of Guerrero residents lived in poverty and 22.2% in extreme poverty. The objective of this research is to identify the concepts related to the Social Solidarity Economy (SSE) applied in the operation of the Nodes for the Promotion of the Social and Solidarity Economy (NODESS), identifying those operating in the state of Guerrero, their scope and the sectors served in the region to which they belong. In terms of methodology, an exploratory and cross-sectional study was conducted using the interview technique via Microsoft Teams, digital platforms, emails to those responsible for the NODESS, and public information was also requested from the National Transparency Platform. The state of Guerrero is divided into 8 regions, in 6 of them there are 12 NODESS in force, in which the six dimensions of the SSE are satisfactorily addressed. This research identified an area of opportunity for the creation of NODESS in the Central region of the state of Guerrero.

Keywords: Economic and social development, Social welfare, Sustainable development.

Introducción

Los NODESS surgen en el año 2019 como una estrategia de la política nacional. Con la realización de esta investigación se realizó un diagnóstico sobre los NODESS en el Estado de Guerrero. De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2023), Guerrero es el segundo lugar a nivel nacional de población en situación de pobreza. Durán (2021) afirma que, el estado de Guerrero enfrenta dos desafíos

¹ Paula Adriana Leyva Alarcón es Doctora en Ciencias Administrativas. Docente adscrito al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chilpancingo, con reconocimiento PRODEP, líder del Cuerpo Académico: Promoción y Desarrollo de la Responsabilidad Social, <https://orcid.org/0000-0002-2456-5722> paula.la@chilpancingo.tecnm.mx (**Autor correspondiente**).

² María Esther Durán Figueroa es Maestra en Ciencias en Administración. Docente adscrita al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chilpancingo, reconocimiento PRODEP, integrante del Cuerpo Académico: Promoción y Desarrollo de la Responsabilidad Social <https://orcid.org/0009-0008-7092-474X> maria.df@chilpancingo.tecnm.mx

³ María Ivett Peralta Rodríguez es Maestra en Finanzas. Docente adscrita al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chilpancingo, reconocimiento PRODEP, integrante del Cuerpo Académico: Promoción y Desarrollo de la Responsabilidad Social <https://orcid.org/0000-0003-1728-4727>, maria.pr@chilpancingo.tecnm.mx

⁴ Sergio Ricardo Zagal Barrera es Maestro en Educación. Subdirector Académico del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chilpancingo, reconocimiento PRODEP, <https://orcid.org/0000-0003-2212-7785>, sa@chilpancingo.tecnm.mx

⁵ Erika Oropeza Bruno es Doctora en Ciencias de la Educación. Docente adscrita al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chilpancingo, reconocimiento PRODEP, integrante del Cuerpo Académico: Promoción y Desarrollo de la Responsabilidad Social, <https://orcid.org/0009-0005-7426-9349>, erika.ob@chilpancingo.tecnm.mx

importantes: la superación de un grave rezago social y la consolidación de una recuperación económica frágil. Para disminuir los niveles de migración y preservar el talento y el trabajo, es esencial crear oportunidades laborales en el sector formal, lo anterior debido a que existe una tasa de informalidad alta en el territorio mexicano. La creación de los Nodos de Impulso a la Economía Social y Solidaria representa una alternativa para propiciar el desarrollo económico y social en el estado referido. Abramo et al. (2019) menciona que “la exclusión del mercado laboral y la ocupación en sectores de baja productividad (en trabajos mal pagados y desprotegidos) constituyen un núcleo especialmente preocupante en la cadena de reproducción de pobreza y desigualdades”, siendo la ESS una alternativa para contar con un empleo digno y bien remunerado.

Esta investigación se enfocó en los siguientes objetivos:

Objetivo general. Elaborar un diagnóstico sobre la operación de los NODESS vigentes en el estado de Guerrero.

Objetivos específicos

- a) Identificar los conceptos básicos sobre Economía Social y Solidaria, y NODESS.
- b) Investigar los NODESS vigentes en el estado de Guerrero y las principales áreas de atención.
- c) Identificar a través del análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas).

Marco teórico

Chaves y Monzón (2012) mencionan que la ESS surge en el siglo XIX debido a las inequidades sociales y económicas producidas por el capitalismo industrial que imperaba en la época. Se originó a través de movimientos de trabajadores que se organizaron en cooperativas y sociedades mutualistas en búsqueda de mejores condiciones de vida y de seguridad en el empleo, priorizando el bienestar social y ambiental sobre la generación de utilidades. Los principios de la ESS consideran la solidaridad, equidad y autogestión. Las organizaciones de la ESS incluyen cooperativas, mutualidades, asociaciones y fundaciones, que buscan atender necesidades y aspiraciones de la comunidad. Según la Red Intercontinental de Promoción de la Economía Social Solidaria (RIPESS, 2021), la ESS promueve prácticas económicas que respetan al ser humano y al planeta, basándose en la cooperación y el compartir.

En la evolución de los diferentes modelos de vinculación para transferencia de tecnología surgió el Modelo de la Tercera Hélice, propuesto por Etzkowitz y Leydesdorff (2000), misma que enfatiza la colaboración entre universidades, industrias y gobiernos. En la ESS, esta interacción es esencial para desarrollar políticas públicas que apoyen iniciativas sociales, promoviendo la innovación social y el desarrollo sostenible. Y se crean los nichos en MiPymes a través de la Secretaría de Economía en el país y en su caso a través de la Subsecretaría de Economía en el Estado de Guerrero, detonando programas de apoyo para la atención a los negocios tradicionales y fomentando la participación en el desarrollo económico.

Carayannis y Campbell (2009) mencionan que en avance y desarrollo se crea el Modelo de la Cuádruple Hélice que integra una cuarta dimensión: la sociedad civil. Este modelo es crucial en la ESS, ya que la participación de la sociedad civil permite que las comunidades locales tengan voz en la toma de decisiones, fomentando un desarrollo más inclusivo y equitativo. Actualmente, se impulsa el fortalecimiento y creación de Incubadoras de Empresas, en nuestro caso, para los Institutos Tecnológicos se realizó la transferencia del Modelo de incubación por parte de la Secretaría de Economía y a través del Modelo de Incubación de Empresas de Base Tecnológica del Instituto Politécnico Nacional (CIEBT-IPN), cuyo objetivo era propiciar la formalización de la MiPymes a través de las consultorías. El estado de Guerrero se fortaleció en ámbitos de consultoría a través de diversos sistemas de Instituciones de Educación Superior (IES) que formaron parte de este modelo de transferencia.

Asimismo, dentro de la aceleración y fortalecimiento de las empresas se adopta el Modelo de la Quíntuple Hélice el cual introduce una quinta dimensión, el medio ambiente. Este modelo, propuesto por Carayannis et al. (2012), es fundamental para la Economía Social Solidaria, ya que promueve soluciones que benefician no solo a la economía y la sociedad, sino también al entorno natural, asegurando un desarrollo sostenible y equilibrado; este modelo está integrado por: universidad, industria, gobierno, sociedad civil y medio ambiente.

Según la Red Intercontinental de Promoción de la Economía Social Solidaria (RIPESS, 2015), la ESS “es una manera de abordar el desarrollo económico que da primacía al bienestar de las poblaciones y del planeta sobre las ganancias y un desarrollo ciego” (pág. 4).

En un estudio realizado por CEPES (2023) en España se observó “cómo las empresas de economía social están presentes en todos los sectores económicos y tienen un tamaño muy variado, desde grandes grupos empresariales hasta

microempresas” (pág.1), siendo las cooperativas agroalimentarias las que tienen una mayor participación en el mercado con un 65% de valor de la producción final agraria.

Fierro-Leyva (2023) realizó una investigación sobre el impulso a la ESS en Guerrero para el desarrollo sostenible, en donde muestra el trabajo que ha realizado la Universidad Autónoma de Guerrero a través de la Maestría de Economía Social, buscando el acompañamiento que brinda la universidad a las organizaciones del Sector Social de la Economía de tres regiones del estado de Guerrero: Costa Grande, Acapulco y la Costa Chica; además, cuenta con el NODESS denominada: Red de la economía social y solidaria del estado de Guerrero; en dicha investigación, propone “la construcción de una red de consumidores, cajas de ahorro y otra de productores que interactúen económicamente, así como institucionalizar los mercados de la ESS por territorio” (pág. 360). La investigación realizada por Cañedo, Barragán Mendoza, & Esparza Carmona (2022) “resalta la convergencia de proyectos académico-sociales para un sólido ecosistema deseable para la ESS en Guerrero” (pág. 95). La ESS promueve iniciativas de tipo socioeconómico y culturales, que se basan en un cambio de paradigma y priorizan la cooperación, la propiedad colectiva y el bienestar social sobre la acumulación de capital individual. A diferencia del modelo económico tradicional, este esquema, pone el trabajo y las personas en el centro de su actividad.

Se han realizado diferentes investigaciones en todos los ámbitos y niveles, tal es el caso del Grupo de Trabajo Interinstitucional de las Naciones Unidas sobre Economía Social y Solidaria el cual busca contribuir al cumplimiento de los 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable de la Agenda 2030, conceptualizando a la ESS como una modalidad diferente de economía que se distingue por la integración de organizaciones y empresas que dan prioridad a objetivos sociales, medioambientales, democráticos y emancipadores (OIT, 2022).

La economía social solidaria no sólo se puede identificar o aplicar a las organizaciones formales, es preciso señalar que se puede reconocer dentro de organizaciones colectivas, que jurídicamente no se encuentran formalizadas, sino que funcionan a partir de sus prácticas acostumbradas en su actividad del día a día, como ejemplo se puede señalar la producción para el autoconsumo, apoyo en las actividades de su comunidad como la construcción de casas, cualquiera de ellas, una práctica que predispone la aceptación y además al fortalecimiento de la ESS tanto en las organizaciones formales como en las informales (Hernández et al. 2022).

Es sorprendente como en la ESS, se encuentran casos de turismo social, en los que se identifican los siguientes principios, como son: autonomía, cooperación, carácter no lucrativo, autogestión, trabajo, compromiso con el entorno, equidad, desarrollo humano, identidad y diversidad, sostenibilidad ambiental (Avalos y Uribe, 2020); particularmente, nos referimos a la asociación francesa VTF L’Esprit Vacances, la cual ofrece a sus ciudadanos el acceso de una manera justa e incluyente para vacacionar, sin discriminación y enfocado a los colectivos más vulnerables. Es importante resaltar la solidaridad para el beneficio común, alejado de las prácticas capitalistas, partiendo de la fraternidad ya que el ganar-ganar en las actividades turísticas es posible; esta alternativa permite dar apertura a oportunidades para gestionar, cooperar y comprometerse socialmente para mejorar la calidad de vida de las personas y el desarrollo territorial. En cuanto al aspecto financiero, la ESS busca integrar a la población que no tiene medios para participar en la banca comercial, a través de las cajas solidarias, cajas de ahorro, entidades populares de ahorro y préstamo, considerándose éstas como la fuente primaria y quizás la única en cuanto a financiamiento para personas de escasos recursos (Herrera, 2020).

La ESS “tiene un gran aporte para la sociedad porque propende por un desarrollo humano, social, político y económico a partir de la colaboración, la cooperación y el fortalecimiento de la dignidad humana como un derecho de toda la población” (Jurado, 2020, pág. 44). Dentro de las características principales de este tipo de economía, se encuentran las siguientes: fomentar la cooperación y participación dentro de sus integrantes, los recursos y bienes son propiedad colectiva, los principios que la sustentan son la sostenibilidad, la equidad, la solidaridad y la justicia social, realizando actividades que impacten positivamente en el medio ambiente.

En el párrafo octavo del artículo 25 de la Constitución Pública de los Estados Unidos Mexicanos (2024), así como, en el artículo 2 de la Ley de Economía Social y Solidaria (2023), mencionan que se establecerán mecanismos que faciliten la organización, expansión y visibilidad de la actividad económica del sector social en todas las formas de organización social para la producción, distribución y consumo de bienes y servicios que sean socialmente necesarios. Dicho impulso está a cargo del Instituto Nacional de Economía Social (INAES) el cual, es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Bienestar.

El Plan Nacional de Desarrollo 2018-2024 (Gobierno de México, 2019) menciona que “el gobierno federal impulsará las modalidades de comercio justo y economía social y solidaria” (pág. 61). La Ley de Economía Social y Solidaria (2023) busca fomentar el desarrollo, fortalecimiento y visibilidad de la actividad económica del sector social, promoviendo valores como ayuda mutua, democracia, equidad, honestidad, solidaridad, responsabilidad compartida, transparencia entre otros.

La ESS considera todas entidades que producen bienes y servicios, consumen y ahorran o toman préstamos basándose en la colaboración y apoyo recíproco entre los asociados, los cuales deciden de manera independiente y autónoma respetando el principio de un voto por socio. Así como, producen riqueza y la reparten de manera proporcional de acuerdo con el trabajo realizado; aportando una parte de sus ganancias a la formación continua; comunican los beneficios obtenidos y aportan al desarrollo sostenible de la comunidad a la que pertenecen; estableciendo vínculos con entidades parecidas para fortalecerla y expandirla (INAES, 2024).

Los Organismos del Sector Social de la Economía (OSSE) deberán orientar su actuación a los siguientes principios y valores, como se presenta en la figura 1.

Figura 1. Principios y valores de los OSSE



Nota: Elaboración propia con base en la Ley de Economía Social y Solidaria (2023, pág. 26).

De acuerdo con el Catálogo publicado por el INAES (2022) algunos de los OSSE se mencionan a continuación:

- a) Ejidos
- b) Comunidades
- c) Sociedades Cooperativas de productores de bienes y/o servicios
- d) Sociedades Cooperativas de consumidores de bienes y/o servicios
- e) Sociedades de Solidaridad Social
- f) Sociedades Mutualistas
- g) Sociedades Mercantiles que cuenten con participación de organismos del sector social de la economía, con al menos el 51% del capital social.
- h) Sociedades de Producción Rural integradas por ejidatarios y/o comuneros
- i) Sociedades Cooperativas de ahorro y préstamo
- j) Cajas de ahorro de trabajadores
- k) Sociedades mutualistas de seguro; entre otros.

Los PRE-NODESS son alianzas de al menos tres actores territoriales que participan en un período propedéutico obligatorio para fortalecerlos y luego puedan constituirse formalmente como NODESS y así, formar parte de la RED Nacional de NODESS (INAES, 2024). Los PRE-NODESS buscan consolidar el sector social de la economía y promover la articulación de los actores para atender problemas comunes, promoviendo la formación de estudiantes, docentes investigadores para desarrollar actividades científicas y la actualización y generación de conocimiento sobre la ESS y la reducción de la brecha económica entre personas y territorios a nivel regional (INAES, 2024). Para el Tecnológico Nacional de México (TecNM, 2023) se crean los PRENODESS, mismos que se definen como iniciativas preliminares que buscan identificar y fortalecer las capacidades locales para formar NODESS.

De acuerdo al INAES (2023), los NODESS son alianzas voluntarias conformadas por instituciones académicas, gobiernos locales y OSSE, con el propósito de generar ecosistemas de ESS en las diferentes regiones del país, implementando soluciones locales de acuerdo a las necesidades que presentan, promoviendo la cooperación y la

solidaridad. Este impulso de los PRENODESS y NODESS de acuerdo con el Gobierno de México (2023), han dado impacto en el estado de Guerrero, desde el año 2022, y en la actualidad se tiene registro de 12 NODESS y 3 PRENODESS, los cuales impactan en los sectores: agrícola, ganadero y comercial, integrando alianzas con instancias de gobierno de carácter federal, estatal y/o municipal, organismos de la sociedad civil, organismos internacionales, cámaras de comercio, organismos de representación, organismos no gubernamentales, empresas privadas, entre otras. Con este proyecto se busca construir una economía más justa, inclusiva y sostenible en el estado de Guerrero, donde las personas puedan vivir con dignidad y en armonía con el medio ambiente.

Diagnóstico del Estado de Guerrero. El estado de Guerrero ha sido considerado como un estado dentro de la zona de índice de desarrollo económico bajo, actualmente se encuentra en una posición desafiante en términos de desarrollo económico. Según datos recientes, la economía de Guerrero creció a una tasa promedio anual de 0.49% entre 2018 y 2023, aunque en los últimos dos trimestres se contrajo un 0.04%. Las principales actividades económicas del estado incluyen el turismo, el comercio, la agricultura y la ganadería (Gobierno del Estado de Guerrero, 2023a).

De acuerdo con un estudio realizado por el gobierno de México en 2023 los principales sectores económicos del estado de Guerrero son: el turismo, por sus destinos especialmente Acapulco que atrae a visitantes nacionales e internacionales. La agricultura que es un sector clave con cultivos de maíz, frijol, café y hortalizas. La ganadería que juega un papel importante en la economía del estado. La minería, especialmente en la extracción de metales como oro y plata, es muy significativa para el estado. El comercio tanto a nivel local como internacional que contribuye a la economía del estado. La pesca, que es un sector de crecimiento especialmente en las áreas costeras.

A continuación, se mencionan las principales características del estado de Guerrero:

- a) Población: Guerrero tiene una población total de 3'540,685 habitantes, el 48% son hombres y el 52% son mujeres, la edad mediana es de 27 años. (INEGI, 2020, pág. 13).
- b) Municipios. Tiene 85 municipios distribuidos en 8 regiones. (Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional del Estado de Guerrero, 2024)
- c) Ubicación geográfica: Se encuentra ubicado en la región suroeste del país.
- d) Economía: Los sectores económicos del estado de Guerrero son: el turismo, agricultura, minería, comercio y pesca (Gobierno del Estado de Guerrero, s.f.)
- e) Escolaridad: 8.4 (poco más del segundo año de secundaria) (INEGI, 2024a).
- f) Esperanza de vida al nacer: es de 69.1 años en promedio, los hombres viven en promedio 65.3 años y las mujeres viven en promedio 73.3 años según datos proporcionados por la CONAPO, 2020 citado por (INEGI, 2024b).
- g) Marginación. Guerrero ocupó el primer lugar en el índice de marginación por entidad federativa 2020 (CONAPO, 2021 citado por la Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional del Estado de Guerrero, 2024).
- h) Salarios y población ocupada: El 22.7% de la población tiene un empleo formal y el resto trabaja de manera informal (77.3%), lo que representa un grave problema en la seguridad social. El salario promedio mensual en el empleo formal es de 7,100.00 y el empleo informal es de 4,130.00 según información oficial (Gobierno de México, 2024).
- i) “Las y los jornaleros, así como sus hijos, son considerados como el sector más pobre y marginado de la población” (Gobierno del Estado de Guerrero, 2023b).
- j) Nivel de pobreza: CONEVAL (2023), señala que en el estado de Guerrero en el año 2022 el 60.4% de la población vivía en situación de pobreza, y el 22.2% de la población vivía en situación de pobreza extrema, siendo el segundo estado con mayor pobreza a nivel nacional, antes de Chiapas y después de Oaxaca.
- k) Competitividad. De acuerdo con el Índice de Competitividad Estatal (IMCO, 2024, pág. 60), el estado de Guerrero se encuentra en penúltimo lugar de nivel de competitividad general.
- l) Índice de Progreso Social. Guerrero tuvo el último lugar en el Índice de Progreso social con 50.9% (Ramírez Aguilar, 2023, pág. 11).
- m) Inseguridad percibida. A nivel nacional, en 2024, el 81% de la población considera inseguro vivir en el estado de Guerrero, en donde las mujeres se sienten más inseguras con un 83.7% con relación a los hombres en un 77.4% (INEGI, 2024).

Con la realización de este proyecto se busca contribuir a los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Naciones Unidas, 2022):

ODS 1: Fin de la pobreza: Al generar empleo y mejorar los ingresos de las familias.

ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico: Al promover el trabajo digno y la creación de empresas.

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles: Al fomentar el desarrollo local y la gestión sostenible de los recursos.
 ODS 12: Producción y consumo responsables: Al promover prácticas productivas sostenibles.

Materiales y métodos

Como parte del desarrollo de esta investigación aplicada se consideró un enfoque cualitativo en virtud de que está “orientado en cuestiones que nos ayuden a comprender el fenómeno, siendo un proceso no lineal, emergente e iterativo” (Hernández y Mendoza, 2018, pág. 3), se revisaron estudios referentes a la economía social y solidaria, a los NODESS, así como las principales características del estado de Guerrero, además se utilizaron los tesauros de la UNESCO (2024), sobre las palabras clave de la investigación; el alcance es un estudio exploratorio en virtud de que existe escasa información sobre el tema, así como un estudio descriptivo para analizar las características del fenómeno a estudiar. Fue un estudio no experimental y transversal en virtud de que se recolectó la información en un solo periodo.

Se solicitó la realización de entrevistas a profundidad vía Microsoft Teams a los 12 NODESS, sin embargo, debido a las afectaciones en diferentes municipios del estado de Guerrero, por el paso del huracán John de categoría 3 en el mes de septiembre del 2024 (Presidencia de la República, 2024), se logró concertar 5 entrevistas con los representantes de la institución educativa de los NODESS que les fue posible atenderlas; en otros casos, se solicitó información a través de correo electrónico utilizando un cuestionario, se realizaron consultas en páginas web o plataformas digitales, así como, se gestionó la entrega de información pública a través de la Plataforma Nacional de Transparencia.

Al momento de realizar la grabación de la entrevista en la plataforma Teams, se solicitó a los participantes su consentimiento informado, y los datos recabados fueron tratados de manera confidencial, para proteger sus datos personales.

La metodología aplicada consistió en 3 etapas: la primera etapa consideró una revisión documental en diferentes bases de datos, así como fuentes oficiales relacionadas con los conceptos básicos de la ESS, y de los NODESS, la segunda etapa consistió en el diseño y aplicación de la entrevista, y finalmente la tercera etapa consistió en la interpretación y análisis de los resultados.

Al contrastar los datos se encontró que en el año 2023 los estados con mayor número de NODESS fueron: Veracruz con 21, Michoacán con 21, Chiapas con 17, Oaxaca con 17, Puebla con 16, Ciudad de México con 13 y Guerrero con 8 Nodess. A nivel nacional son 260 Nodess (INAESb, 2023). De acuerdo con información proporcionada por SINCA (2024), a nivel nacional existen 548 NODESS vigentes. Las variables de la investigación corresponden a las 6 dimensiones de la Economía Social Solidaria en los NODESS, mismas que se describen en la Tabla 1, las cuales se consideraron en la estructura de la entrevista.

Tabla 1. Dimensiones de la Economía Social y Solidaria en los NODESS

Variables	Concepto
Económica	Se relaciona con las actividades económicas que organizan los intercambios de producción, transformación, consumo y pos consumo. El objetivo es que se generen redes de intercambio recíprocos, justos y más humanos.
Sociocultural	Dimensión que se refiere a fomentar vínculos de confianza y solidaridad, participación en la sociedad y espíritu comunitario.
Ambiental	Tener vínculos respetuosos con el entorno ambiental sin establecer vínculos antropocéntricos con la naturaleza, creer que somos parte fundamental de la naturaleza, la cual debe de estar en equilibrio armónico.
Tecnológica	Se conforma en el desarrollo de nuevas líneas de generación de productos y servicios con el uso de las nuevas tecnológicas. Es decir, promueve el uso de las tecnologías en las prácticas económicas en la generación de productos y servicios promoviendo las tecnologías en los sujetos y en los actores sociales.
Política	Sugiere un modelo basado en la reciprocidad, la igualdad, la equidad y la redistribución, fomentando una vida digna y respetando el medio ambiente; para ello, se requiere hacer transformaciones en las actitudes de las personas logrando la inclusión social.
Democrática	Promueve el compromiso ciudadano como factor de organización, producción y de trabajo que pueden emerger de los espacios públicos de debate, reconociendo el pluralismo de las actividades humanas.

Nota. Elaboración propia con base en Jiménez (2014); Irigoyen García (2016) y Fraisse (2004).

Resultados

Con base en la información proporcionada por la Coordinación General de Fomento y Desarrollo Empresarial del Instituto Nacional de la Economía Social (INAES, 2024a), a través de la Plataforma Nacional de Transparencia del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI), actualmente en el estado de Guerrero existen 12 NODESS vigentes, distribuidos en 6 regiones como se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Ubicación geográfica de los NODESS en las regiones del estado de Guerrero.



Nota: Mapa tomado de Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional del Estado de Guerrero (2024, pág. 84) adaptado con información proporcionada por INAES (2024a).

En la Tabla 2, se presenta la distribución de los NODESS por localidad y las áreas de atención que son, principalmente, la capacitación y acompañamiento en actividades de gestión empresarial que permitan innovar y/o fortalecer las diferentes actividades productivas con enfoque en la Economía Social y Solidaria.

Tabla 2. Distribución de los 12 NODESS del estado de Guerrero y áreas de atención.

Región del Estado	Municipios de Cobertura	NODESS	Áreas de Atención
Acapulco	Acapulco de Juárez	1	Capacitación y acompañamiento a grupos y empresas de ES
	Acapulco y Atoyac de Álvarez	1	Emprendimiento cooperativo
	Atoyac de Álvarez	1	Innovación tecnológica, gestión empresarial
Costa Chica	San Marcos	1	Capacitación, innovación empresarial y social
	Marquelia	1	Gestión empresarial, producción sustentable de alimentos
	Ometepec, Xochistlahuaca, Tlacoachistlahuaca e Igualapa	1	Modelos de negocios, incubación de empresas, educación financiera
Costa Grande	Petatlán	1	Capacitación, gestión empresarial.
	Zihuatanejo de Azueta	1	Innovación social, fomento al turismo de aventura
	Benito Juárez	1	Emprendimiento asociativo
Montaña	Chilapa de Álvarez y Zitlala	1	Producción rural, modelo de negocios, educación financiera
Norte	Iguala, Ixcateopan de Cuauhtémoc, Taxco de Alarcón y Tepecoacuilco de Trujano	1	Capacitación y acompañamiento a ecosistemas cooperativos
Tierra Caliente	Coyuca de Catalán	1	Innovación social, autonomía productiva y de consumo

Nota. Elaboración propia con datos de la Coordinación General de Fomento y Desarrollo Empresarial del INAES (2024a).

Por otra parte, para efectos de recolección de la información específica relacionada con las seis dimensiones de la ESS de los 12 NODESS vigentes que operan en el estado de Guerrero, se logró realizar 5 entrevistas utilizando la plataforma de Microsoft Teams, se obtuvieron 2 respuestas de entrevista por escrito vía electrónica, de 2 NODESS se obtuvo información en la web y finalmente, de 3 NODESS se revisó la información proporcionada por el INAES.

Como se puede observar en la Tabla 3, en cada una de las 6 regiones del estado de Guerrero en las que existen los NODESS vigentes, el contexto de operación de las seis dimensiones de la Economía Social y Solidaria se atiende de manera satisfactoria.

En cuanto a la dimensión económica, los NODESS se enfocan en aprovechar los recursos naturales que existen en la zona territorial que representa el área de influencia. Respecto a la dimensión sociocultural, la aportación de las Instituciones Educativas (IES) que integran cada nodo es relevante, al contribuir con la capacitación de diferentes técnicas de cultivo, de trabajo y de comercialización, además, de la colaboración de estudiantes en los diferentes proyectos para lograr mejores resultados; cabe resaltar que de los 12 NODESS, en 8 de ellos, colaboran IES que pertenecen al Tecnológico Nacional de México (TecNM); lo anterior, también permite atender las dimensiones ambiental y tecnológica, con la participación de docentes y estudiantes en la investigación continua de nuevos procesos o técnicas. En cuanto a la dimensión política, existen condiciones que facilitan la realización de los diferentes proyectos productivos con enfoque de la economía social solidaria en virtud de que se utilizan recursos disponibles por los Organismos del Sector Social de la Economía que colaboran en el nodo correspondiente.

Finalmente, la dimensión democrática de las NODESS objeto de estudio, se caracteriza principalmente, por la toma de decisiones mediante acuerdos en consenso de los actores que los integran, o bien, con referencia a las recomendaciones por los profesionales de las IES que colaboran.

Tabla 3. Dimensiones de la ESS de los NODESS por región del estado de Guerrero.

NODESS por región de Guerrero	Dimensiones de la ESS					
	Económica	Sociocultural	Ambiental	Tecnológica	Política	Democrática
Acapulco	Producción-venta, de coco y café	Colaboración de estudiantes de la IES en proyectos de residencia profesional	Uso de cascarilla del café para elaborar productos biodegradables	Plataforma digital de ventas	Producción de café con recursos propios de la Sociedad de Producción Rural	Decisiones entre los actores
Costa Chica	Producción-venta de coco y subproductos	Trabajo en equipo entre ejidatarios	Uso y aprovechamiento desde la cáscara hasta la pulpa del coco	Aún sin aplicación	Aplicación de recursos propios de los ejidatarios	Decisiones en reuniones de consenso
Costa Grande	Producción-venta de coco, y turismo agroalimentario	Capacitación de emprendimiento social	Proyecto de recorrido agroalimentario	Aplicación pendiente	Plan de trabajo en proceso	liderazgo de la IES participante
Montaña	Producción-comercialización de artesanías de palma	Trabajo en equipo entre los actores	Plan de trabajo en proceso	Plan de trabajo en proceso	Orientación dirigida por la IES participante	Integración de cooperativa en proceso
Norte	Producción-venta de harina de pez diablo	Cambio de mentalidad laboral, de pescadores a empresarios	Actividades de investigación en el sector rural	Visibilidad en redes sociales	Emprendimiento asociativo	Integración de cooperativa de pescadores
Tierra Caliente	Producción-comercialización de cultivos agrícolas	Implementación de técnicas en cultivos y esquemas de venta	Fertilizaciones orgánicas y tratamiento de plagas/malezas de manera sustentable	Actividades de producción con el uso de drones agrícolas	Uso de recursos propios de los productores	Toma de decisiones en asambleas presenciales entre los actores

Nota. Elaboración propia.

Con base en lo descrito con anterioridad, de manera general en la Tabla 4, se identifican Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) en el estado de Guerrero.

Tabla 4. FODA del estado de Guerrero.

Fortalezas	Debilidades
Producción de coco, mango y sus derivados. Zonas con ríos, lagunas, grutas, áreas naturales protegidas y zonas arqueológicas para fomentar el ecoturismo. Elaboración y venta de artesanías de madera, palma, barro. Elaboración de telares y confección de ropa típica: huipiles, deshilados y bordados. Existencia de variedad gastronómica: pozole, mole, pescado a la talla, pan artesanal. Preparación de bebidas artesanales: chilate, mezcal, agua de coco.	Falta de organización para integrar cooperativas con los artesanos, productores y ejidatarios. Falta de plan de negocios para potenciar la economía regional. Carencia de conocimiento en el manejo y uso de las herramientas tecnológicas Limitada asesoría para participar en convocatorias para consolidar el negocio. Falta de promoción y certificaciones en temas de ecoturismo.
Oportunidades	Amenazas
Presencia de instituciones de educación superior para fomentar la vinculación con los diferentes sectores. Promover los programas gubernamentales de apoyo para el desarrollo económico. Acompañamiento a los artesanos, productores y ejidatarios.	Riesgos por factores de seguridad, violencia y delincuencia. Cambios climáticos repentinos. Problemas en la distribución de agua potable en zonas rurales y urbanas. Riesgo de contaminación por manejo inadecuado de la basura. Inadecuada infraestructura carretera.

Nota. Elaboración propia.

Discusión

El estado de Guerrero es el estado más pobre y marginado, es el segundo estado con mayor pobreza a nivel nacional, el primer lugar lo ocupa Chiapas y el tercero el estado de Oaxaca (CONEVAL, 2023), cabe mencionar que en ambos estados cuentan con 17 NODESS respectivamente (INAES, 2023). Dada las características similares que presentan los tres estados, Guerrero queda bajo en cuanto a la consolidación de NODESS, es por ello, en esta etapa de la investigación se recabó información importante, en el que se percibe la falta de promoción y/o difusión las actividades realizadas por los NODESS en el estado de Guerrero, como se sabe, los NODESS se forman de las alianzas locales, voluntarias y autónomas, con la intención de fomentar la ESS en el territorio (INAES, 2024).

Dado los índices de marginación que tiene el estado de Guerrero, así como la ubicación geográfica y los sectores económicos (turismo, agricultura, minería, comercio y pesca), los NODESS ubicados de manera estratégica pueden coadyuvar para impulsar por regiones las áreas de oportunidad en las dimensiones de la Economía Social Solidaria, (Gobierno del Estado de Guerrero, 2023a). Como se puede observar en la tabla 3, en la región Costa Grande, puede impactar en los derivados de la producción y venta de coco, mango, en el fomento de turismo respetuoso y amigable con la naturaleza. Además, cada región del estado de Guerrero tiene un potencial cultural que puede ser una fortaleza para incrementar las visitas culturales.

En el estado de Guerrero, las IES que participan en los NODESS son instituciones públicas como la universidad Autónoma de Guerrero, con la Maestría en Economía Social, así como, 8 instituciones de TecNM (Instituto Tecnológico de Iguala, Instituto Tecnológico de Acapulco, Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano, Instituto Tecnológico de Costa Grande, Instituto Tecnológico Superior de la Costa Chica, Instituto Tecnológico de San Marcos; Universidad Tecnológica de la Región Norte de Guerrero unidad Montaña, y la Universidad Loyola del Pacífico como IES privada (INAES, 2024a). Por lo que se identifica una oportunidad para crear NODESS en la Región Centro del estado con la participación del Instituto Tecnológico de Chilpancingo, ya que forma parte del área de influencia.

En el Instituto Tecnológico de Chilpancingo se imparten cinco programas educativos: Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Informática, Ingeniería Civil e Ingeniería en Gestión empresarial, y Contador Público,

considerando lo anterior, se podría gestionar el apoyo en la dimensión tecnológica, con capacitación en el uso y manejo de tecnologías como: paquetería contable, inteligencia artificial, tecnologías móviles, paquetería de diseño, entre otras.

La creación y operación de los NODESS representa una alternativa para fomentar el desarrollo económico de una zona territorial, como lo es la Región Centro de Guerrero, en la que se pueden aprovechar los grupos sociales que existen en el sector comercio y ecoturismo, tales como, las cooperativas. La creación de un NODESS en la región Centro del estado de Guerrero puede tener ventajas ya que esta región tiene el potencial de tener la sede administrativa del gobierno federal, estatal y municipal, con propuestas de políticas públicas que pueden vincularse con los organismos del sector social para la creación y/o registro de marca, talleres y cursos para la constitución y regularización de las empresas. Además de considerar la riqueza cultural, gastronómica, la diversidad de ecosistemas que posee el estado de Guerrero, como un área de oportunidad para diseñar e implementar estrategias para el uso y manejo de los recursos naturales de acuerdo con las normas, políticas que aplican para poder aprovechar estos recursos. Son varios aspectos ya mencionados, que se pueden considerar como áreas de oportunidad para la creación del NODESS.

Conclusiones

Una alternativa para impulsar el desarrollo económico en el estado de Guerrero es a través de los NODESS y con ello, fomentar los valores de la economía social y solidaria para preservar la cultura, el cuidado ambiental e incidir en la paz social, brindando una posibilidad de generar acciones en beneficio de una comunidad territorial.

Los resultados de la investigación permiten identificar una oportunidad de conformar NODESS en la región Centro del estado de Guerrero, para vincular la participación entre los diferentes actores como son la academia, gobierno y las organizaciones del sector social de la economía. Unir esfuerzos con los diferentes ecosistemas de economía social y solidaria que existe en Guerrero, para generar sinergia y alianzas estratégicas. De manera específica, en el Instituto Tecnológico de Chilpancingo, surge la inquietud de elaborar una propuesta de creación de NODESS que incluya: capacitación sobre la Economía Social y Solidaria (ESS) tanto a docentes como estudiantes, para así mismo, establecer programas de capacitación a OSESS identificadas en el área de influencia y generar los convenios correspondientes con la Secretaría de Fomento y Desarrollo Económico, el Ejido Llanos de Tepoztepec y artesanos guerrerenses, entre otras instancias que promueven los principios de cooperación y solidaridad.

Referencias bibliográficas

- Abramo, L; Cecchini, S & Morales, B. (2019) Programas sociales, superación de la pobreza e inclusión laboral. Aprendizajes desde América Latina y el Caribe. *CEPAL*: Noruega. <https://cutt.ly/FeS9CiCh>
- Avalos, E. A. G., & Uribe, A. C. R. (2020). Economía social en el turismo social. El caso de la asociación francesa VTF L'Esprit Vacances. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN SIGMA*, 7(02), <https://doi.org/10.24133/sigma.v7i02.1866>
- Cañedo, R., Barragán Mendoza, M. del C., & Esparza Carmona, J. C. (2022). Los Nodos de la Economía Social y Solidaria como política de Estado en México: La experiencia del NODESS-REDESSGRO. *Revista Iberoamericana de Economía Solidaria e Innovación Socio ecológica*, 5, 95-118. <https://doi.org/10.33776/riesise.v5.5319>
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2009). "Mode 3" and "Quadruple Helix": toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 46(3/4), 201-234. doi:10.1504/IJTM.2009.023374
- Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. F. J. (2012). The Quintuple Helix innovation model: global warmin g as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(2), 1-12. <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>
- Chaves, R., & Monzón, J. L. (2012). La economía social y solidaria: Propuestas para el desarrollo sostenible. CIRIEC-España, *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, (75), 33-60. DOI:10.7203/CIRIEC-E.93.12901.
- CEPES (2023) Las empresas más relevantes de la Economía Social 2022-2023. *CEPES*. <https://cutt.ly/ieHp7h3B>
- CONEVAL (2023) Medición de pobreza en México 2022. <https://cutt.ly/zeS9CxVa>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [C.P.E.U.M.], Reformada, *Diario Oficial de la Federación [D.O.F.]*, (México). <https://cutt.ly/WeS3UWNg>
- Durán, R. (2021). Guerrero y el difícil camino hacia el desarrollo. *México ¿Cómo Vamos?* <https://cutt.ly/deS9CJzu>
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)

- Fierro-Leyva, M. (2023) Impulso a la economía social y solidaria en Guerrero para el desarrollo sostenible., *Foro de Estudios sobre Guerrero* 8(1), pp. 350–361. <https://cutt.ly/AeS9C7ZK>
- Fraisse, L. (2004) Capitulo 12 del libro Economía social y solidaria. Una visión europea. Economía solidaria y democratización de la economía. <https://cutt.ly/7eHp7IRC>
- Gobierno de México (2024) Data México. <https://cutt.ly/oeS9CMBB>
- Gobierno de México. (2023). Directorio NODESS vínculos V5. <https://cutt.ly/DeHaydl1>
- Gobierno de México. (2023a). Guerrero: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. <https://cutt.ly/yeHaych3>
- Gobierno del Estado de Guerrero. (2023b). Plan Estatal de Desarrollo 2022 – 2027. <https://cutt.ly/EeHayEGW>
- Gobierno del Estado de Guerrero (s.f.) Industria, minería, comercio, abasto y apoyo a Mipymes. <https://cutt.ly/keKnstif>
- Gobierno de México (30 de abril 2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2024*. <https://cutt.ly/ieS3xZsF>
- Hernández, Nolasco Lilian, N., & Ramírez, Flores, M. S. R. (2022). El fomento a la Economía Social y Solidaria en México. *Otra Economía*, 15(27). <https://cutt.ly/NeKnIPXI>
- Hernández Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw Hill Education.
- Herrera, J. J. R. (2020). La economía social solidaria y la política social del nuevo gobierno federal. <https://doi.org/10.20983/noesis.2020.1.4>
- INAES (2022) Catálogo de Organismos del Sector Social de la Economía. *INAES: México*. <https://cutt.ly/VeS9VYat>
- INAES (2024) Términos de referencia. *INAES 2024 PRE NODESS*. <https://cutt.ly/heS9VzYh>
- INAES (2024a) Solicitud de información pública en la Plataforma Nacional de Transparencia de fecha 23 de septiembre. Nodos de Impulso a la Economía Social y Solidaria (NODESS).
- INAES (2024b) *Nodos de Impulso a la Economía Social y Solidaria (NODESS) Alianzas multiactor para la Economía Social* [Diapositivas de PowerPoint]. <https://cutt.ly/JeKb1ESR>
- Índice Mexicano para la Competitividad A.C.(IMCO) (2024) Índice de Competitividad Estatal 2024. *IMCO:México*, <https://cutt.ly/UeS9Vaz7>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2024) Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE) 2024. <https://cutt.ly/xes9VO9L>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2024a) Información por entidad. Guerrero. <https://cutt.ly/aeHayGmN>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2024b) Esperanza de vida al nacimiento por entidad federativa según sexo, *Serie anual de 2010 a 2024*. <https://cutt.ly/ReHayLCw>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Panorama sociodemográfico de Guerrero: Censo de Población y Vivienda 2020: CPV / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: INEGI. <https://cutt.ly/weS9Bkmj>
- Irigoyen García, Elia María. (2016). Economía Social + Innovación Tecnológica: Experiencias de Éxito en Entornos de Precariedad. *Journal of technology management & innovation*, 11(1), 86-92. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242016000100012>
- Jiménez Jhonny, (2014) Movimiento de economía social y solidaria del Ecuador Circuitos económicos solidarios interculturales, 24, 123-140. <https://cutt.ly/PeHayNoD>
- Jurado, I. M. (2020). La economía social y solidaria como herramienta para fortalecer la formación en emprendimiento con un enfoque rural. *SATHIRI*, 15(2). <https://doi.org/10.32645/13906925.978>
- Ley de la Economía Social y Solidaria [L.E.S.S.], Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], 29 diciembre 2023, (México) <https://cutt.ly/ueS9CRAe>
- Lifeder. (s.f.) Las 6 Actividades Económicas de Guerrero Más Destacadas. <https://cutt.ly/neHay3PQ>
- Naciones Unidas. (2022). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2022*. https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022_Spanish.pdf
- Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2022) Avanzar en la Agenda 2030 a través de la economía social y solidaria. <https://cutt.ly/IeHauqkc>
- Presidencia de la República. (27 de octubre 2024). *Versión estenográfica. Informe general de las acciones por el huracán John en Acapulco, Guerrero*. <https://cutt.ly/QeKzXoKk>
- Ramírez Aguilar, S. (2023) Índice de Progreso Social México 2015-2022. *El Observatorio Económico Cómo Vamos*, A.C. <https://cutt.ly/CeS9BcNl>
- Red Intercontinental de Promoción de la Economía Social Solidaria. (2015) *Visión global de la economía social solidaria: Convergencias y contrastes en los conceptos, definiciones y marcos conceptuales*. <https://cutt.ly/7eKyKqAw>

Red Intercontinental de Promoción de la Economía Social Solidaria. (RIPESS) (2021). Economía social y solidaria. <http://www.riess.org/>

Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional del Estado de Guerrero (2024) Contexto del estado de Guerrero. <https://cutt.ly/DeS9BY5B>

SINCA (2024) *Red Nacional de NODESS*. <https://cutt.ly/MeKxiphT>

TecNM (2023). Nodos de Impulso a la Economía Social y Solidaria (NODESS). <https://cutt.ly/zeHauuNR>

TecNM (2024). Inauguración del Encuentro Nacional de #NODESS 2024. <https://cutt.ly/SeHaus4X>

UNESCO (2024). Tesoro de la UNESCO. <https://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/es/>



<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a13>

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>

<https://www.facebook.com/avacient>

AvaCient

Formación Integral, Científica, Tecnológica y Humanista

2016

Año 1 Núm. 1

JULIO-DICIEMBRE 2016

ISSN: EN TRÁMITE

Órgano Informativo de Difusión Científica, Tecnológica, Académica e Innovación



Revista Impresa



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



AvaCient

Formación Integral, Científica, Tecnológica y Humanista

2017

Año 2 Núm. 1

ENERO - JUNIO

ISSN: 2594-018X

Órgano Informativo de Difusión Científica, Tecnológica, Académica e Innovación

TECNOLOGÍA Y SUSTENTABILIDAD



RETOS DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL SIGLO XXI

Revista Impresa



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



AvaCient

Formación Integral, Científica, Tecnológica y Humanista

2017

Año 2 Núm. 2

JULIO-DICIEMBRE

ISSN: 2594-018X

Órgano Informativo de Difusión Científica, Tecnológica, Académica e Innovación



Revista Impresa



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



AvaCient

Instituto Tecnológico de Chetumal

Formación Integral, Científica, Tecnológica y Humanista

2018

Año 3 Núm. 1 Vol. IV

ENERO - JUNIO

ISSN: 2594-018X

Órgano Informativo de Difusión Científica, Tecnológica, Académica e Innovación



Revista Impresa



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



AvaCient

Instituto Tecnológico de Chetumal

Formación Integral, Científica, Tecnológica y Humanista

2018

Año 3 Núm. 2 Vol. V

JULIO-DICIEMBRE

ISSN: 2594-018X

Órgano Informativo de Difusión Científica, Tecnológica, Académica e Innovación



Revista Impresa



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



AvaCient

Instituto Tecnológico de Chetumal

Formación Integral, Científica, Tecnológica y Humanista

2019

Año 4 Núm. 1 Vol. VI

ENERO-JUNIO

ISSN: 2594-018X

Órgano Informativo de Difusión Científica, Tecnológica, Académica e Innovación



Revista Impresa



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



CAPACITACIÓN DEL RECURSO HUMANO SOBRE LA GESTIÓN AMBIENTAL. DIAGNÓSTICO EN LOS HOTELES DE TUXPAN, VERACRUZ

Saulo Sinforoso Martínez ¹, Julieta Ramos Tovar ²,
Edalid Álvarez Velázquez ³, Lázaro Salas Benítez ⁴

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 07/08/2024 Aceptado: 13/11/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a14>

Resumen.- El objetivo general de esta investigación es diagnosticar la aplicación de capacitación en materia de gestión ambiental del recurso humano en los hoteles de Tuxpan, Veracruz, durante el ejercicio 2023. Con motivo de recabar los datos se aplicó un cuestionario con respuesta escala Likert a una muestra de 28 hoteles establecidos en Tuxpan Veracruz, México. Los resultados indican que la mayoría de la población encuestada no cumple con una capacitación ambiental adecuada entre sus colaboradores, lo que genera desconocimientos sobre las actividades para el cuidado y conservación de la naturaleza. Se identificó que los hoteles objetos de estudios tienen la iniciativa de aplicar propuestas relacionadas a la gestión ambiental. La originalidad de este trabajo recae en la realización de un estudio en los hoteles de Tuxpan, Veracruz enfocado a la capacitación ambiental. Se concluye que las organizaciones deben priorizar la preservación del medio ambiente y adoptar prácticas sustentables para proteger los ecosistemas y la vida del ser humano, se destaca que la capacitación en materia ambiental en los hoteles estudiados es un área de oportunidad. Se recomienda que en la cultura organizacional de los hoteles se contemple la conservación de los recursos naturales, a manera de generar un compromiso ambiental.

Palabras Clave: Sector Turismo, Medio Ambiente, Sustentabilidad, Capital Humano.

TRAINING OF HUMAN RESOURCES ON ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. DIAGNOSIS IN THE HOTELS OF TUXPAN, VERACRUZ

Abstract.- The general objective of this research is to diagnose the application of training in environmental management of human resources in the hotels of Tuxpan, Veracruz, during the year 2023. In order to collect the data, a questionnaire with a Likert scale response was applied to a sample of 28 hotels established in Tuxpan, Veracruz, Mexico. The results indicate that the majority of the surveyed population does not comply with adequate environmental training among its collaborators, which generates ignorance about the activities for the care and conservation of nature. It was identified that the hotels studied have the initiative to apply proposals related to environmental management. The originality of this work lies in the realization of a study in the hotels of Tuxpan, Veracruz focused on environmental training. It is concluded that organizations must prioritize the preservation of the environment and adopt sustainable practices to protect ecosystems and human life, it is highlighted that environmental training in the hotels studied is an area of opportunity. It is recommended that the organizational culture of hotels include the conservation of natural resources, in order to generate an environmental commitment.

Keywords: Tourism, Environment, Sustainability, Human Capital.

Introducción

La parte humana de las empresas son un factor crucial debido al nivel de productividad que representan. Independientemente del giro empresarial, es necesario la presencia de personal capacitado y competitivo en virtud de aumentar las probabilidades de éxito y satisfacción organizacional e individual. Bajo este contexto las políticas empresariales rigen el actuar del personal, en términos de gestión ambiental y sustentabilidad es esencial que se describan e implementen normas enfocadas al cuidado y conservación del medio ambiente. En el proceso de

¹ Docente de Tiempo Completo adscrito a la Facultad de Contaduría de la Universidad Veracruzana, Tuxpan. <https://orcid.org/0000-0001-6961-5546>. ssinforoso@uv.mx. (**Autor correspondiente**).

² Estudiante de la Licenciatura en Dirección Estratégica de Recursos Humanos adscrita a la Facultad de Contaduría de la Universidad Veracruzana, Tuxpan. <https://orcid.org/0009-0003-0918-2517>. zs22007803@estudiantes.uv.mx

³ Docente de Tiempo Completo adscrita a la Facultad de Contaduría de la Universidad Veracruzana, Tuxpan. <https://orcid.org/0000-0002-0251-0376>. edalvarez@uv.mx.

⁴ Docente de Tiempo Completo adscrito a la Facultad de Contaduría de la Universidad Veracruzana, Tuxpan. <https://orcid.org/0000-0003-3871-0094>. lsalas@uv.mx.

capacitación e inducción de los trabajadores es preciso que se informe acerca de dicha normatividad, así también al personal establecido de todas las áreas y en caso de que la empresa reciba clientes de manera presencial, resaltar las políticas ambientales y el cumplimiento obligatorio en el establecimiento.

Los hoteles por su naturaleza, reúnen una cantidad considerable de personas en un espacio determinado, lo que supone el consumo de bienes y recursos durante un periodo de tiempo. Es de importancia que la gestión de estos recursos se lleve a cabo de manera consciente y responsable, sin que implique un perjuicio al medio ambiente. Lo anterior se logra con una capacitación en materia ambiental entre el personal de la empresa, factor esencial en el recurso humano de una organización. Mediante la capacitación se adquieren conocimientos, se refuerza lo aprendido y se descubren habilidades. La capacitación ambiental radica en el cuidado y preservación de los recursos naturales, cuestión de relevancia en los hoteles

La capacitación y gestión ambiental de los recursos humanos es conocida también como “gestión verde” que según Gilal et al., (2019), Kim et al., (2019) y Uddin (2022) en Colin y Madero (2024), el enfoque de esta es cumplir los objetivos organizacionales de forma sistemática por medio de un plan definido, conjuntamente con el cuidado y protección del ambiente. En general, la definición de capacitación ambiental radica en otorgar información teórica y práctica a los colaboradores respecto al cuidado ambiental, cuyo enfoque es la conservación de los recursos naturales, y crear y aplicar prácticas que contribuyan a la preservación del ecosistema.

En esta investigación se muestran los resultados aproximados de la aplicación de un cuestionario con motivo de diagnosticar la capacitación del recurso humano sobre la gestión ambiental en una muestra de 28 hoteles de Tuxpan, Veracruz, pues se busca identificar cómo se ha transversalizado la gestión ambiental en este tipo de organizaciones, dado que para el sector hotelero, los recursos naturales son elementos clave para su operatividad.

Marco teórico

1. El Recurso Humano en las Organizaciones

En el ámbito organizacional, es de conocimiento general que existen componentes cuyo desempeño es indispensable para el éxito de las organizaciones. Entre ellas se destaca el Recurso Humano, también conocido como Capital Humano, el cual se identifica como un elemento clave en la obtención de las metas y los objetivos de la empresa, así como en su producción, crecimiento y expansión. Lo anterior se obtiene gracias a una correcta administración y dirección del personal, es por eso que se debe reconocer y valorar la importancia de este recurso en las organizaciones, que para términos de esta investigación, se define como la parte humana de las empresas que desempeñan distintas labores de acuerdo al perfil académico y profesional que presenten, con el propósito de contribuir a la organización y obtener un salario remunerador.

Es de relevancia resaltar que el término Recurso Humano es descrito también, como el departamento de las organizaciones que se encarga de gestionar, administrar, liderar a los empleados y lo relacionado a ellos, principalmente son los responsables de diseñar y analizar los puestos de trabajo, contratar, reclutar, capacitar a la parte humana de la organización, entre otras actividades. Respecto al tema de capacitación es fundamental que el recurso humano atienda necesidades prospectivas como es el tema del medio ambiente, aspectos que se abordará en esta investigación desde el enfoque de la capacitación.

2.- Capacitación del Recurso Humano en temas de medio ambiente

Para efectos de esta investigación, el proceso de capacitación está enfocado en brindar a los trabajadores información necesaria para el ejercicio de su labor, potenciar sus habilidades y en ocasiones, descubrir nuevas destrezas en relación al puesto laboral y su contribución a la organización. De acuerdo a Obando (2020) la capacitación es una actividad sistemática previamente estructurada que se ejecuta o, se debería de ejecutar permanentemente en una organización. Su principal propósito es la preparación de la persona en el puesto laboral, mediante el desarrollo y descubrimiento de conocimientos teóricos y prácticos, esto con motivo de impulsar su desempeño y beneficiar tanto al colaborador como a la empresa a corto y largo plazo.

La capacitación genera un valor agregado a las empresas, a palabras de Medina, Palacios y Vergel (2021) cuando los colaboradores de una organización se desempeñan eficazmente mediante el desarrollo de habilidades y la obtención de conocimiento, la empresa respectiva adquiere competitividad, al igual que el personal se favorece expandiendo su educación. La empresa se beneficia directamente de un personal correctamente capacitado, resultando un incremento de la producción, satisfacción laboral, innovación y mayor competitividad en el campo empresarial. Una capacitación

adecuada impacta en el desempeño de la empresa, tal como menciona Obando (2020) para un correcto desarrollo empresarial es necesario contar con personal capacitado que tenga claro su función dentro de la organización y las necesidades de la misma, a fin de lograr los objetivos y metas organizacionales.

Continuando con lo descrito en el párrafo anterior, un personal correctamente capacitado es reconocido por grupos de personas internas y externas a la empresa, la diferencia entre este tipo de personal y su contrario, es posible de observar desde actividades básicas hasta las más complejas que requieren cierto grado de conocimiento y experiencia. Por esta razón, los empleados capacitados otorgan profesionalismo y renombre a la organización, destacando y favoreciéndose con una mejora en la competitividad en relación a las distintas empresas con el mismo giro empresarial. Existen distintas áreas favorables a capacitar y optimizar en relación al recurso humano de una empresa, éstas presentan variaciones de acuerdo a las actividades desempeñadas por el personal y el giro empresarial. Respecto al grado de conocimiento y práctica, se definirán acciones y labores enfocadas al criterio respectivo.

Dentro de las áreas comunes en términos de capacitación laboral, se encuentran las siguientes: capacitación dirigida al puesto laboral correspondiente, a mandos directivos y gerenciales, actualización de leyes, normas, y software e informática. Sin embargo, un tema de relevancia que debería ser considerado como uno de los principales enfoques en la capacitación, es el cuidado y la conservación del medio ambiente. El personal de una empresa se rige de acuerdo al conocimiento, actitud y el grado de capacitación que poseen, sin embargo, en el desempeño de sus labores, un aspecto que está presente es el enfoque de la empresa y su propósito como organización, en el cual es considerada la misión, visión y los valores en mayor medida. Por esta razón, es importante que las prácticas ambientales tomen importancia desde el establecimiento de la empresa y sus principios, con motivo de que sean prioritarios desde el inicio de las actividades organizacionales.

Mediante la implementación de prácticas ambientales se colabora en la reducción de la contaminación ambiental y uso de energía eléctrica, beneficiando directamente al patrimonio de la empresa con acciones simples pero que frecuentemente se desatienden como apagar los focos, ventiladores y dispositivos que no se utilizan, concientización de un uso responsable de la electricidad, instalación de sistemas ahorradores de energía, entre otras. Es importante resaltar que uno de los aspectos positivos de un personal correctamente capacitado en materia ambiental es sinónimo de una imagen empresarial socialmente responsable, lo que atrae a un nicho de población, mejora su reputación y otorga una ventaja competitiva en comparación de las empresas que no cuentan con esta visión, es por eso que surge la necesidad en las empresas de implementar actividades relacionadas a la gestión del medio ambiente para contribuir al cuidado y conservación de los recursos naturales y al mismo tiempo cumplir con las metas empresariales.

3.- Gestión Ambiental en Empresas

Debido al visible deterioro del medio ambiente, causado en mayor medida por prácticas perjudiciales, en los últimos años ha surgido numerosa información acerca del cuidado y la protección de los recursos naturales. Uno de los términos más utilizados es el de Gestión Ambiental, que en palabras de Arteta, Moreno y Steffanel (2015, 195-196) en Vidal y Asuaga (2021) se centra en la conservación de los recursos naturales, y que los distintos ámbitos de la vida se desarrollen de forma ecológica y sustentable. Por medio de la gestión ambiental, se identifican y se disminuyen las actividades que supongan un daño al medio ambiente, preservando los ecosistemas, la flora y la fauna en el presente y en el futuro.

La gestión ambiental en las empresas se representa por medio de acciones que protejan el medio ambiente, estén en sincronía con las condiciones ambientales cambiantes y en equilibrio con las necesidades socioeconómicas, descrito en detalle en la Norma Internacional ISO 14001:2015(es) “Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso” por la Organización Internacional de Normalización (ISO). Esta Norma, en conjunto con la Norma 26000:2010(es) “Guía de responsabilidad social”, la cual:

Proporciona orientación sobre los principios que subyacen en la responsabilidad social, el reconocimiento de la responsabilidad social y el involucramiento con las partes interesadas, las materias fundamentales y los asuntos que constituyen la responsabilidad social y sobre las maneras de integrar un comportamiento socialmente responsable en la organización.

La responsabilidad social, de acuerdo a la citada Norma 26000:2010(es) “Guía de responsabilidad social”, es la “responsabilidad de una organización ante los impactos que sus decisiones y actividades ocasionan en la sociedad y el medio ambiente, mediante un comportamiento ético y transparente”. Ambas son parte del marco regulatorio en materia

ambiental de las organizaciones de manera internacional. Las normas ISO “representan los conocimientos de personas expertas en su materia y que conocen las necesidades de las empresas a las que representan: fabricantes, vendedores, compradores, clientes, asociaciones comerciales, usuarios o reguladores”. Conforme a la Organización Internacional de Normalización (ISO), una norma ISO “puede tratarse de la fabricación de un producto, la gestión de un proceso, la prestación de un servicio o el suministro de materiales”.

Al igual que la gestión ambiental, la responsabilidad social es de relevancia al referirse a la regulación e implementación de sistemas enfocados a la protección del medio ambiente. Así mismo, otra organización que está enfocada en la conservación y preservación de los recursos naturales, es la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que en el año 2015 publicó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la cual contiene “17 Objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental”. Dentro de este “plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia” de acuerdo a la ONU, se resaltan dos objetivos que son relevantes para términos de esta investigación, redactado por Ochoa y Pelegrino (2022), objetivo 8.9 plantea desarrollar políticas para promover un turismo sostenible y el objetivo 12.b propone crear instrumentos para vigilar los efectos del desarrollo sostenible.

4.- La capacitación sobre la gestión ambiental en el sector hotelero

La concientización en torno a la gestión y cuidado ambiental es responsabilidad de todos los ciudadanos y organismos que conforman la sociedad actual. La existencia de múltiples empresas con diversos enfoques y razones de ser, componen la producción de bienes y servicios que el ser humano ha consumido desde décadas atrás. Uno de estos sectores empresariales es el sector hotelero, en los que 22,499 establecimientos en México están registrados bajo la actividad económica de hoteles, moteles y similares, cifra de importancia al resaltar que Veracruz es el Estado con más establecimientos registrados en todo el país con 1,832 conforme al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2024).

La ubicación geográfica de Veracruz es distinguida por su zona costera, en lo que se refiere a puertos, playas y mares, principales atractivos turísticos de la zona. Las personas que visitan estos lugares recurren a hoteles y establecimientos similares con el propósito de disfrutar dichos destinos, conocer la cultura, la fauna, la flora y su gastronomía durante su estadía. Los hoteles y establecimientos similares, como consecuencia de su razón de ser, utilizan en mayor cantidad a comparación de otros locales servicios como energía eléctrica, agua y gas, de igual manera son partícipe de la generación de desechos ocasionados por la estancia de los huéspedes (Valle et al., 2019).

Por lo anterior, el personal de los hoteles debe contar con una capacitación en materia ambiental, así como es preciso que se implementen métodos para reducir el impacto de la contaminación ambiental en acciones frecuentes que utilicen alguno de los servicios mencionados previamente. En ocasiones los establecimientos hoteleros no llevan a cabo prácticas sustentables por el pensamiento que suponen un gran costo de inversión, sin embargo, existen prácticas ecológicas que son de bajo nivel de inversión, fáciles y de rápida implementación, en base a Ávila (2021) como el ahorro de energía con iluminación led, separación de desechos en diferentes contenedores de reciclaje, el uso de productos de limpieza ecoamigables y biodegradables, ahorradores de agua, eliminación de uso de bolsas de plástico y de popotes en las actividades diarias.

Como acciones sustentables internas en los hoteles que se recomiendan resaltar en el proceso de capacitación, se expone el apagar los equipos y luces al salir de las oficinas, usar la menor cantidad de luz posible en horarios nocturnos y la utilización de tarjetas llave de habitaciones, ya que controlan los sistemas de energía del cuarto, que evita que el huésped mantenga luces y equipos encendidos cuando no está dentro, colocar cubos de basura clasificados con carteles descriptivos de los residuos generados en el hotel y crear alianzas con empresas locales dedicadas a la adquisición de material reciclable, no reciclable u orgánico, reutilizar hojas de papel en actividades administrativas, mantenimiento periódico de regaderas y todo sistema que use agua en función de evitar goteras, implementar circuitos para recirculación de agua caliente que llegue de manera inmediata en cada piso del hotel, para evitar que el huésped desperdicie agua fría esperando a la temperatura deseada (Valle et al., 2019).

Mediante la capacitación y fomentación de estas y más prácticas sustentables, el impacto ambiental que supone el funcionamiento de un hotel se verá reducido. Estas acciones son significativas puesto que los hoteles reúnen un gran número de personas que consumen diversos servicios, los cuales, usados de manera inconsciente, contribuyen a la degradación del medio ambiente. La Ciudad de Tuxpan, Veracruz dispone de un atractivo turístico reconocido como la playa, por lo que existe la presencia de hoteles en distintos puntos de la zona. En virtud de conocer la situación en

torno a la capacitación ambiental en los hoteles de Tuxpan, Veracruz, se realizó un estudio de la capacitación del recurso humano sobre la gestión ambiental, diagnóstico desarrollado en 28 hoteles de esta ciudad.

5.- Normatividad Ambiental en México

En adición al marco regulatorio en materia ambiental de las organizaciones, en México existen diversas normas y legislaciones dirigidas a la protección y conservación de los recursos naturales. En primera instancia, en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), la Carta Magna y máxima autoridad, se alude al derecho de todas las personas a un medio ambiente sano en el Artículo 4o.

Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

Del mismo modo, en el Artículo 25 de la CPEUM se menciona el cuidado y conservación del medio ambiente en las empresas de los sectores social y privado, indicando que se apoyarán e impulsarán bajo los criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad. Respecto a legislación, se citan las siguientes leyes:

- La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) vigente, en su Artículo 1o. fracción V indica como disposición de orden público e interés social, con el objetivo de propiciar el desarrollo sustentable en individuos, grupos, organizaciones sociales y empresariales, el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.
- La Ley de Transición Energética (LTE, 2015), en la que se menciona fomentar la capacitación y certificación de empresas y su personal, profesionales y técnicos independientes en instalaciones de sistemas sustentables, accionar en términos de certificación de empresas energéticamente responsables, promover la creación y fortalecimiento de instituciones en virtud de apoyo a programas y proyectos de eficiencia energética de las PyMEs, entre otros aspectos.
- La Ley General de Cambio Climático (LGCC) vigente abarca distintos aspectos relacionados a la “protección del ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico”. La presente ley en su Artículo 102 fracción XIV señala “Desarrollar incentivos económicos y fiscales para impulsar el desarrollo y consolidación de industrias y empresas socialmente responsables con el medio ambiente” como uno de los objetivos plasmados en materia de mitigación al cambio climático.

Así también, en relación al marco legal ambiental en México, es importante resaltar las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) expedidas por las dependencias competentes, publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF) las cuales “son herramientas que permiten a las distintas dependencias gubernamentales, atender y eliminar los riesgos para la población, los animales, así como para proteger el medio ambiente” (Secretaría de Economía, Gobierno de México, 2021). Dentro de estas, se destaca la NOM-002-SAG-BIO/SEMARNAT-2017, que describe y establece

Las características y requisitos que deberán contener los estudios de evaluación de los posibles riesgos que la liberación experimental de organismos genéticamente modificados pudiera ocasionar al medio ambiente y a la diversidad biológica, así como a la sanidad animal, vegetal y acuícola.

Como se expuso, las organizaciones en México cuentan con normalizaciones y legislaciones que exteriorizan la importancia del cuidado del medio ambiente, al mismo tiempo que establecen distintas regulaciones para su preservación. Los recursos naturales constituyen el principio de la existencia de la vida, su conservación debe ser prioridad en las empresas, instituciones, y personas, con motivo de asegurar un mejor futuro, salud óptima y bienestar general.

6.- Capacitación del recurso humano sobre gestión ambiental: Revisión de la literatura

Conforme a lo citado por autores en materia de capacitación ambiental enfocado al recurso humano, Reyes y Sánchez (2022) en su investigación realizada en los hoteles de Oaxaca, México señalan que el conocimiento dirige a la creación de políticas ambientales dentro del hotel y fuera de este, así también, para la audiencia general es de interés conocer que el hotel lleva a cabo prácticas que no suponen un riesgo para el medio ambiente. Para esto, en un estudio realizado por René et al., (2023) en Imbabura, Ecuador, se expuso que las alternativas amigables con el medio ambiente que un

hotel puede llevar a la práctica son las formas de producción limpias, generación de hábitos de consumo saludables, proveedores sustentables, informarse acerca de su responsabilidad en las necesidades sociales y el impacto de sus actividades relacionadas al giro empresarial.

Es necesario que exista un compromiso al involucrar el cuidado del medio ambiente en las acciones de las empresas y por consiguiente de los hoteles. Yta et al., (2019) en su investigación desarrollada en cinco Estados de la República Mexicana, expresan que el desempeño ambiental incrementa al asociarse el compromiso a las prácticas ambientales, esta mejora no solo se manifiesta en el rendimiento laboral, también en la ventaja competitiva en contraste a otros hoteles. Unas de las limitantes por las que los hoteles no incorporan acciones y sistemas sustentables son los costos elevados y las exigencias del cliente, Espinosa y Chávez (2021) al investigar hoteles en Puerto Vallarta, México, se percataron que el factor económico representa un papel importante al referirse a las prácticas sustentables de un hotel, por lo que se plantea como un obstáculo la falta de presupuesto al realizar inversiones, y se presenta como una motivación cuando las actividades implican la reducción de costos.

En el estudio de Pérez y Zapata (2019) enfocado a los hoteles del sur del Estado de Quintana Roo, México, se indica que las empresas que realizan una planificación anual de presupuestos y consideran las acciones sustentables como parte de ellas, son las que tienen una mayor probabilidad de éxito al efectuar campañas, programas ambientales, y controlar los residuos generados de manera efectiva. Gómez et al., (2024) en su investigación, describen a la gestión ambiental como beneficios financieros que aumentan la competitividad de forma sostenible, lo que resulta concluir que la limitante del factor económico se pueda evitar dado que una gran parte de las prácticas de cuidado del medio ambiente contribuyen a la disminución de costos.

En relación a la preservación de los recursos naturales en los hoteles, Balseca et al., (2023) en su investigación de las PyMEs hoteleras en Oaxaca, México, descubrieron que implementan el reciclaje de residuos, la utilización de material y productos amigables con el medio ambiente, el uso consciente del agua y la energía eléctrica y la reinstalación de sistemas sustentables como regaderas y grifos. En la ciudad de Quintana Roo, México, Alonso et al., (2023) desarrollaron un estudio en el que mencionan que en áreas del hotel determinadas, refiriéndose al área de cocina y consumo, existen prácticas de cuidado ambiental como la existencia de contenedores para residuos orgánicos y la separación de plásticos y envases de vidrio, al igual que un cubo de basura específico para hojas de oficina que se envíe a un centro de reciclado periódicamente.

En Cuba, Febles et al. (2022) al analizar un hotel en Cayo Guillermo, concluyeron que la importancia del recurso humano al implementar acciones sustentables en los hoteles es clave, puesto que la mayoría de estas prácticas sólo requieren la iniciativa y voluntad de los colaboradores para ejecutarlas eficazmente, para lo que se requiere una cultura positiva ambiental entre el personal. Soto et al., (2024) resaltan en su estudio de tres hoteles en Sinaloa, México que la sustentabilidad debe ser adherida en las actividades diarias de la empresa, en conjunto con sus valores y principios, el cuidado del medio ambiente debe estar trazado como uno de los objetivos principales de la organización.

La dirección de una empresa es fundamental puesto que rige su desempeño, Peláez y Basulto (2019) en su investigación en Cuba, descubrieron que una parte considerable de los hoteles desconocen los impactos de su actividad en el medio ambiente, es responsabilidad de todas las áreas funcionales del hotel considerar las acciones sustentables en sus actividades laborales. De igual manera, en Cuba, Morales et al., (2021) resaltan que la preparación de los directivos en materia ambiental requiere de saberes teóricos y prácticos, evaluaciones y autoevaluaciones continuas, para adquirir el conocimiento ideal y transmitirlo a las demás áreas de la organización.

En lo que respecta a la opinión de los consumidores sobre las actividades de cuidado ambiental de los hoteles, Ferreira et al., (2019) exponen en su investigación de un hotel en Brasil una opinión positiva de los clientes en cuanto a las acciones sustentables, en especial el uso consciente de agua, energías y la gestión de los residuos, sin embargo, sólo están interesados en hospedarse en estos hoteles si ofrecen un precio inferior o similar a la competencia que no lleva a cabo prácticas de cuidado del medio ambiente. No obstante, Castro et al., (2022) al estudiar hoteles en Culiacán, Sinaloa descubrieron que los hoteles que ejecutan actividades sustentables son favorecidos por el valor de su imagen y su relación con la comunidad al contribuir al cuidado de los ecosistemas lo que genera reconocimiento y atracción de clientes.

En el Estado de Veracruz, la investigación de Rodríguez y Ricárdez (2022) del sector turístico hotelero acentuó que los gerentes de hoteles y establecimientos de hospedaje prefieren la rentabilidad económica de sistemas tradicionales,

que la inversión en prácticas en torno al cuidado ambiental, lo que resulta que el Estado Veracruzano se identifique en la lista de los estados de México que poseen menos certificaciones ambientales. En un estudio en Brasil, Barbosa et al., (2019) mencionan que existe una necesidad urgente de concientizar respecto al tema, debido a que el sector turístico depende en gran medida de un medio ambiente sano y diverso. Una forma viable de incitar a las empresas e informar al público general acerca de las acciones enfocadas a la preservación de los recursos naturales es mediante campañas de educación ambiental.

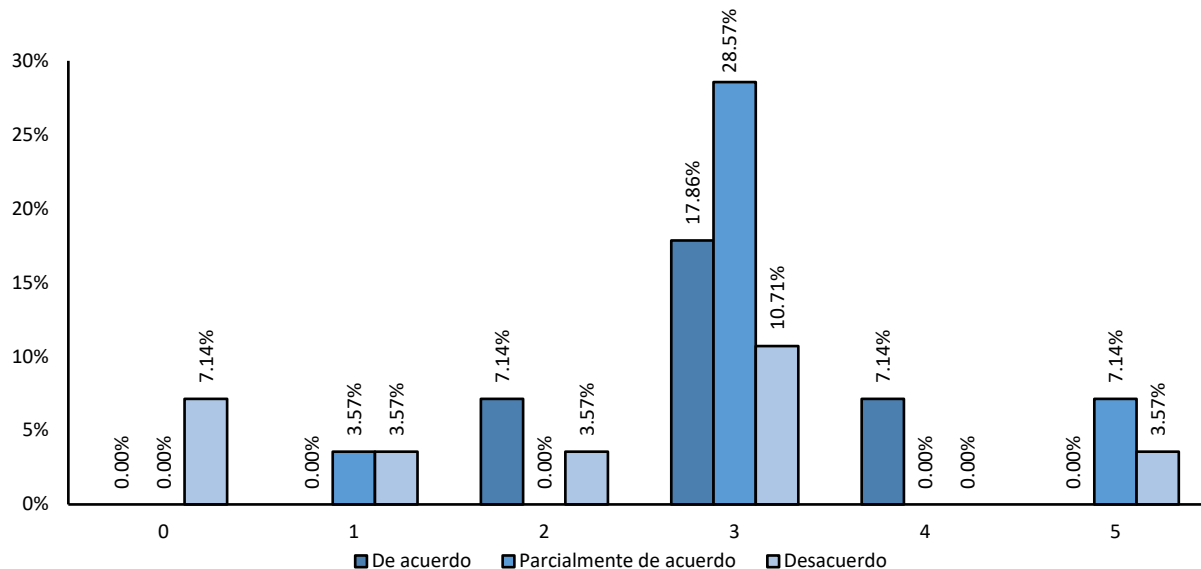
Materiales y métodos

Esta investigación es de tipo no experimental. El alcance de la investigación es descriptivo, pues se mencionan los aspectos generales de la capacitación y la gestión ambiental de manera general y enfocado a los hoteles. El tipo de enfoque es cuantitativo. Para realizar el diagnóstico sobre la capacitación del recurso humano de los hoteles en Tuxpan Veracruz en tema de gestión ambiental se utilizó como técnica de recolección de datos la entrevista y como instrumento un cuestionario aplicado a una muestra de 28 hoteles de la zona de Tuxpan Veracruz, de las cuales se integran por hoteles de 0, 1, 2, 3, 4 y 5 estrellas. El cuestionario está estructurado en dos partes, en la primera se preguntan aspectos generales a manera de identificar las características de los hoteles, y en el segundo apartado se cuestionan aspectos sobre la capacitación en materia de gestión ambiental. Esta investigación se pretendía aplicar al 100 % de la población de los hoteles de Tuxpan (53 hoteles identificados al momento de aplicar el cuestionario), sin embargo, solo 28 empresas aceptaron participar en el estudio. Como área de oportunidad se tiene planeado realizar una investigación al 100 por ciento de la población.

Resultados

En la Gráfica 1 se muestra que la mayoría de los hoteles implementan programas de capacitación al personal para el cuidado y conservación de los recursos naturales, a excepción de los hoteles de 0 estrellas.

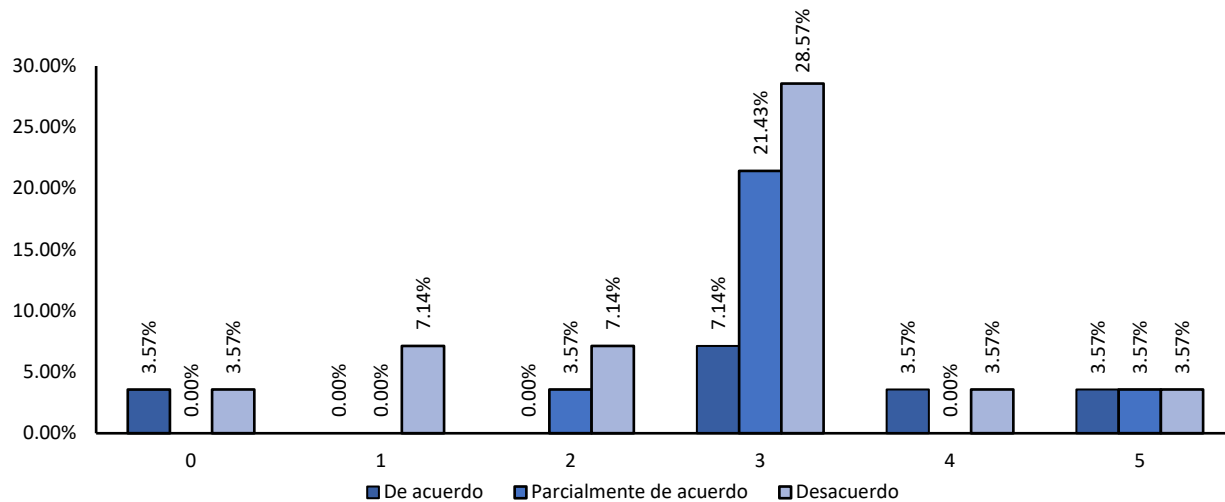
Gráfica 1. Implementación de programas de capacitación al personal para el cuidado y conservación de los recursos naturales. Caso hoteles de Tuxpan, Veracruz.



Nota. Elaboración propia (2024).

Con base a los resultados aproximados observados en la Gráfica 2, se percibe la ausencia de programas de capacitación para la gestión ambiental en los hoteles encuestados de Tuxpan, Veracruz, al identificar que la mitad de la muestra indica que no implementan dichos programas. Este resultado se contrasta con la gráfica 1, donde se identificó que la mayoría de los hoteles aplicaban actividades para el cuidado y conservación de los recursos naturales, por tanto, se concluye que el término “gestión ambiental” genera confusión o desconocimiento en los hoteles objetos de estudio.

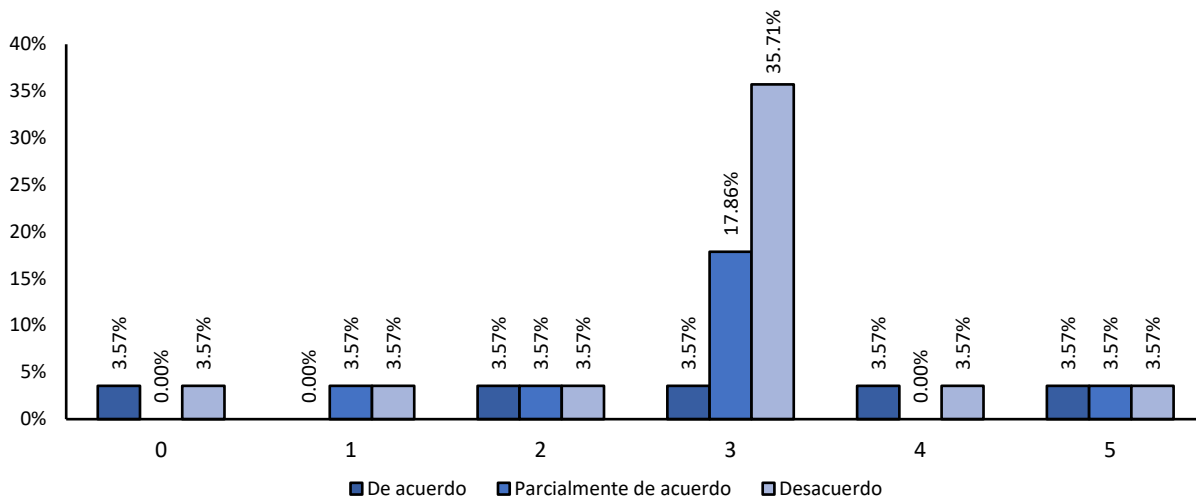
Gráfica 2. Implementación de programas de capacitación para la gestión ambiental en los hoteles de Tuxpan, Veracruz.



Nota. Elaboración propia (2024).

Con relación al instrumento aplicado en este estudio, en los resultados aproximados mostrados en la Gráfica 3 se identifica que la mayoría de las categorías de hoteles de Tuxpan, Veracruz presentan una carencia de programas de capacitación ambiental relacionada a prácticas sostenibles, así mismo se visualiza que sólo un 3.57% de los hoteles en cada categoría, al menos parcialmente aplica capacitación sobre este tema. En palabras de Obando (2020), un correcto desarrollo empresarial no se efectúa sin un personal capacitado.

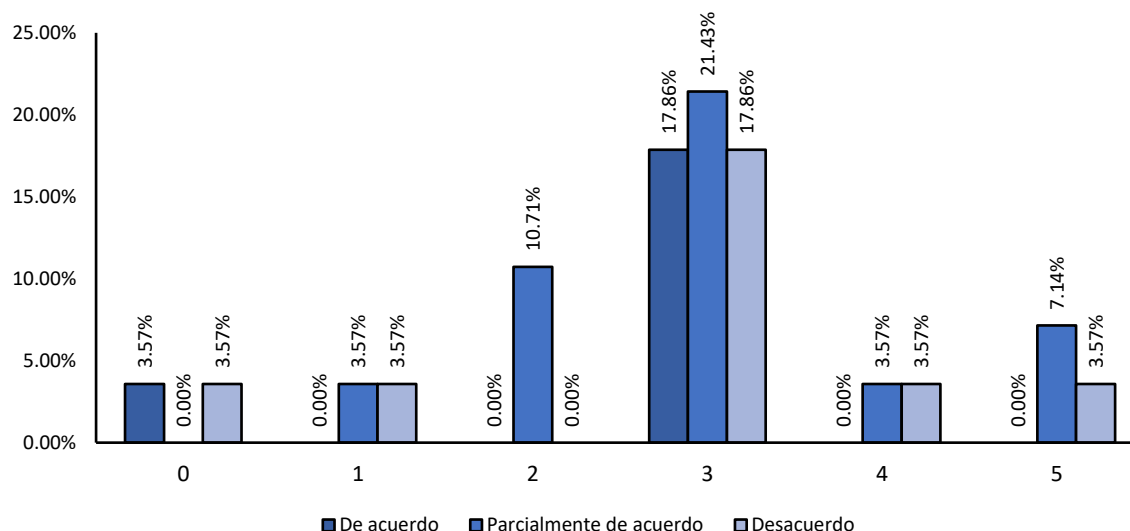
Gráfica 3. Programas periódicos de capacitación al personal en prácticas sostenibles en los hoteles de Tuxpan, Ver.



Nota. Elaboración propia (2024).

Continuando con los resultados aproximados de esta investigación, se preguntó a la muestra encuestada si cuenta con una cultura entre el personal que incite a buscar certificaciones relacionadas a la preservación del medio ambiente, de lo cual se obtuvieron los resultados aproximados presentados en la Gráfica 4. Se observa que la mayoría de los hoteles al menos está parcialmente de acuerdo en contar con una cultura entre sus colaboradores que anime a buscar certificaciones ambientales.

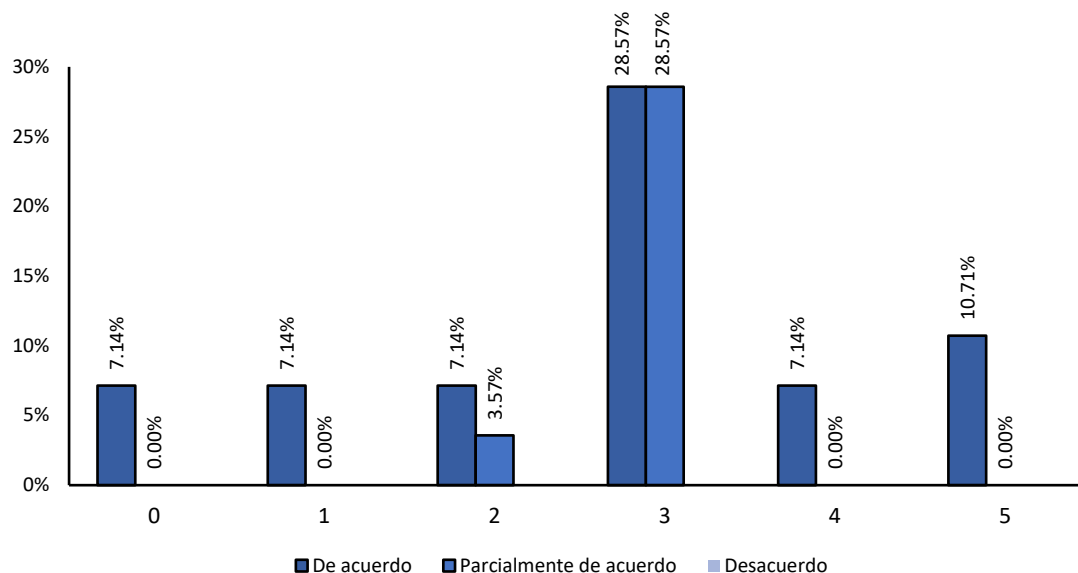
Gráfica 4. Cultura entre colaboradores para buscar certificaciones Ambientales. Caso hoteles de Tuxpan, Ver.



Nota. Elaboración propia (2024).

Por último, al cuestionar si aceptarían implementar una propuesta de gestión ambiental, los resultados aproximados a este cuestionamiento se muestran en la Gráfica 5, identificándose una respuesta favorable en todas las categorías de estrellas. Se presenta la disposición de la mayoría de los hoteles encuestados de Tuxpan, Veracruz a llevar a cabo propuestas en materia ambiental, con motivo de mejorar a la organización, el medio ambiente y por consecuente, su imagen empresarial.

Gráfica 5. Aceptación de propuesta de gestión ambiental. Caso hoteles de Tuxpan, Veracruz.



Nota. Elaboración propia (2024).

Discusión

Los datos identificados en este estudio reafirman lo señalado por Peláez y Basulto (2019) sobre el hecho de que una parte considerable de hoteles desconocen los impactos de sus actividades en el medio ambiente, y, por lo tanto, se olvida su forma de contribuir al cuidado y conservación de los recursos naturales. La integración de programas de

capacitación al personal para el cuidado y conservación de los recursos naturales en las organizaciones es una acción que favorece el cuidado y conservación de los recursos del planeta y a la vez contribuye al incremento del rendimiento laboral, basado en Yta et al., (2019) la imagen de la empresa se beneficia con una ventaja competitiva en relación a otras organizaciones con un giro empresarial similar.

La capacitación ambiental forma parte de las acciones enfocadas al cuidado del medio ambiente, que, a través de la enseñanza y concientización del manejo de los recursos naturales, es posible disminuir la contaminación ambiental y conservar la flora y la fauna. Respecto a la carencia de un programa de capacitación en las empresas se exponen al riesgo de irrumpir leyes y normas, cometer errores, aportar a la degradación del medio ambiente y a no cumplir las metas y los objetivos trazados, siendo la gestión ambiental un área de oportunidad para los hoteles establecidos en Tuxpan, Veracruz, coincidiendo con lo expresado por Soto et al., (2024) que la sustentabilidad no sólo se debe estudiar superficialmente, el compromiso debe ser implementarla en las labores diarias de la empresa junto a sus valores y principios, por lo que la aceptación de una propuesta de gestión ambiental es el inicio a un cambio positivo en todas las áreas de la organización.

Autores como Febles et al., (2022) destacan que se requiere una cultura positiva ambiental entre el personal para que las prácticas ambientales se ejecuten eficazmente, debido a que en la mayoría de estas actividades sólo se necesita la voluntad y el conocimiento para llevarlas a cabo. En la práctica del cuidado y conservación del medio ambiente en las empresas, la implementación de normas y reglamentos es primordial y distintivo, ya que representa el compromiso de la organización por la conservación de los recursos naturales, entre otros. Así mismo, los valores y principios forman parte de la cultura organizacional, la cual es determinante al momento de establecer regulaciones y llevarlas a la ejecución. Los aspectos antes mencionados forman parte de lo que se conoce como gestión ambiental, por tanto, su aplicación en los hoteles es fundamental.

Conclusiones

El personal es el componente más valioso de una empresa, de él depende la organización, el funcionamiento y su producción, por lo que es clave que se capacite de forma continua en materia ambiental. La contaminación ambiental ha degradado los ecosistemas y numerosas zonas naturales alrededor del mundo, a menudo, las acciones sustentables son desconocidas por una parte de la población, lo que resulta en un uso inadecuado de los recursos naturales, contribuyendo a su deterioro e incluso extinción.

Conforme a la investigación realizada, la capacitación en materia ambiental en los hoteles encuestados de Tuxpan Veracruz es un tema que genera interés y área de oportunidad de implementar programas o propuestas para el cuidado del medio ambiente, sin embargo, se identifica que la mayoría de la población encuestada no cumple con una capacitación ambiental entre sus colaboradores. Es de relevancia que en la cultura organizacional se contemple la conservación de los recursos naturales como una de las prioridades en todas las organizaciones que le permitan generar un ambiente de compromiso hacia los recursos naturales.

La preservación del medio ambiente es crucial en la actualidad. Las acciones en relación a su cuidado se deben llevar a cabo, además de difundir y debatir. El cambio real comienza cuando se practican e integran las acciones ambientales en las actividades diarias de la empresa, como parte de la cultura organizacional. Por esta razón, se espera que en futuras investigaciones se realicen estudios de este tema con mayor alcance, de tal manera que se estudie al 100% de la población, así mismo se replique la investigación en otros campos de estudios distintos al sector turismo, pues el cuidado de los recursos naturales depende de la sociedad, es quien tiene el poder de resguardar los ecosistemas que permiten que el ser humano se desarrolle apropiadamente como lo ha hecho en las últimas décadas. Las empresas y el Estado deben priorizar la preservación del medio ambiente y adoptar prácticas sustentables para proteger la vida de miles de seres vivos, junto a la existencia del ser humano y sus futuras generaciones.

Agradecimiento

Se agradece a los estudiantes del semillero de investigación de la Facultad de Contaduría de la Universidad Veracruzana Tuxpan, así como docentes de dicha institución que de manera directa e indirecta participaron en este estudio. Agradecimiento a la Universidad Veracruzana por el otorgamiento de becas a estudiantes de Licenciatura como ayudantes en proyectos de investigación registrados en el Sistema de Registro y Evaluación de la Investigación (SIREI).

Referencias bibliográficas

- Alonso, M. de J., Fernández, R. I. y Tiempo, S. (2023). Separación de residuos en el sector hotelero, un caso de estudio en Cancún, Quintana Roo. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(8), 16–42. Doi:10.53595/rlo.v3.i8.071
- Ávila, C. (2022). El impacto de las prácticas ecoeficientes en hoteles urbanos de 5 estrellas en el Perú. *El Periplo Sustentable*, (42), 463 - 493. <https://rperiplo.uaemex.mx/article/view/14437>
- Balseca, J. C., Toledo, A. y Velázquez, R. M. (2023). Prácticas ambientales de las PyMEs Hoteleras. *Revista De Gestão E Secretariado*, 14(6), 9420–9440. Doi: 10.7769/gesec.v14i6.2308
- Barbosa, S. K., Santos, A. P., Nascimento, V. X., Souto, G. y Barbosa, P. R. (2019). Percepción Ambiental De Los Gestores De Medios De Hospedaje. El caso de Praia do Francês en el Municipio de Marechal Deodoro - Brasil. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 28(4), 923-941. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180762638004>
- Castro, D. L., Portillo, R., García, D., Izaguirre, F. y Inzunza, P. C. (2022). Pronóstico de los recursos tangibles de las Pymes hoteleras del Municipio de Culiacán, Sinaloa, a través de sus prácticas sustentables. *El Periplo Sustentable*, (42), 494 - 533. Doi:10.36677/elperiplo.v0i42.14986
- Colin, C. G. y Madero S. G. (2024). Prácticas “verdes” de recursos humanos en México y su impacto sobre el desempeño ambiental. *Lúmina*, 25(1), E0050 1-30. Doi: 10.30554/lumina.v25.n1.4934.2024
- Congreso de la República Mexicana. (01 de abril de 2024). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Congreso de la República Mexicana. (01 de abril de 2024). Ley General De Cambio Climático. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>
- Congreso de la República Mexicana. (24 de diciembre de 2015). Ley De Transición Energética. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>
- Congreso de la República Mexicana. (30 de Octubre de 2018). Norma Oficial Mexicana. NOM-002-SAG-BIO/SEMARNAT-2017. Obtenida de https://dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5542425
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que reforma a la de 5 de febrero de 1857 (última reforma 22 de marzo de 2024), en Diario Oficial de la Federación (DOF), 5 de febrero de 1917, pp. 10 (Mex).
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que reforma a la de 5 de febrero de 1857 (última reforma 22 de marzo de 2024), en Diario Oficial de la Federación (DOF), 5 de febrero de 1917, pp. 28 (Mex).
- Espinosa, O. G. y Chávez, R. M. (2021). Gestión ambiental hotelera en Puerto Vallarta: motivaciones y limitantes. *Nóesis. Revista de ciencias sociales*, 30(60), 251-269. Doi: 10.20983/noesis.2021.2.12
- Febles, A., Sánchez, C. L., González, A. y Molina, A. (2022). Programa de buenas prácticas ambientales en el Hotel Club Villa Cojímar. *Eco Solar*, (79), 3-8. <http://ecosolar.cubaenergia.cu/index.php/ecosolar/article/view/92>
- Ferreira, T. A., Borges, G., Johann, J. y Flor, G. R. (2019). Hotel sustentable: Viabilidad económica de su implementación a partir de la percepción de los consumidores. *Estudios y perspectivas en turismo*, 28(2), 447-464. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17322019000200011&lng=es&tlng=es.
- Gobierno de México. (2021). Sabes cómo te benefician las Normas Oficiales Mexicanas. Secretaría de Economía. <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/sabes-como-te-benefician-las-normas-oficiales-mexicanas?state=published>
- Gómez, E. E., Alvarado, J. M. y Pérez, M. M. (2024). La gestión ambiental y su incidencia en la competitividad del sector hotelero del destino turístico Salinas, Santa Elena. *Sapientia Technological*, 5(1), 1–20. Doi:10.58515/016RSPT
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas DENU. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- ISO. (2010). ISO 26000:2010(es) Guía de responsabilidad social. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:26000:ed-1:v1:es>
- ISO. (2015). ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso. <https://www.iso.org/es/norma/14001>
- Medina, B., Palacios, W. y Vergel, M. (2021). La capacitación laboral como herramienta de mejoramiento empresarial. *Boletín Redipe*, 10(6), 305-317. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8116466>
- Morales, J. M., Martínez, M. de los A. y Roca, O. M. (2021). La Gestión Ambiental: Un Reto En La Instalación Hotelera Meliá Jardines Del Rey / The Environmental Administration: A Challenge In The Hotel Installation Meliá Jardines Del Rey. *Universidad & Ciencia*, 10(3), 84–98. <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/1906>
- Naciones Unidas. (2015). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

- Obando, M. P. (2020). Capacitación del talento humano y productividad: Una revisión literaria. *ECA Sinergia*, 11(2), 166-173. <https://www.redalyc.org/journal/5885/588563773012/html/>
- Ochoa, M. B. y Pelegrino, G. (2022). Contribución a la gestión ambiental en hoteles encanto del destino Holguín. *Ciencias Holguín*, 28(4), 1-11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181574283007>
- Organización Internacional de Normalización (ISO). Las normas ISO son el resultado de un acuerdo internacional entre expertos. Normas. <https://www.iso.org/es/normas#:~:text=Las%20normas%20representan%20los%20conocimientos,asociaciones%20comerciales%2C%20usuarios%20o%20reguladores.>
- Peláez, T. y Basulto, M. (2019). Evaluación del desempeño ambiental del hotel ''Sierra Mar-Los Galeones'', con un enfoque multidimensional. *ConcienciaDigital*, 2(3), 38-52. Doi: 10.33262/concienciadigital.v2i3.855
- Pérez, J. y Zapata, J. L. (2019). Análisis de las prácticas de responsabilidad social empresarial en las mipymes del sur de Quintana Roo a través de técnicas multivariantes. *Oikos Polis*, 4(1), 33-76. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2415-22502019000100004&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2415-22502019000100004&lng=es&tlng=es)
- René, A., Andrade, J. C., Abreu O. y Brucil, J. G. (2023). Sustentabilidad, Responsabilidad Social Empresarial y co-creación de valor como herramientas para el desarrollo turístico de Imbabura. *El Periplo Sustentable*, (44), 273 - 292. Doi:10.36677/elperiplo.v0i44.16782.
- Reyes, M. y Sánchez, P. (2022). Capacidades basadas en el conocimiento para la gestión ambiental en hoteles de Oaxaca, México. *El Periplo Sustentable*, (42), 168 - 193. Doi:10.36677/elperiplo.v0i42.12268
- Rodríguez, G. y Ricárdez, J. D. (2022). Gestión sustentable en el sector hotelero veracruzano: Aproximación a través de un Cuadro de Mando Integral. *El Periplo Sustentable*, (43), 33 - 54. Doi: 10.36677/elperiplo.v0i43.12822
- Soto, J. G., Ibarra, J. P. y Delgado, Z. Z. (2024). Estado de la innovación sostenible en empresas hoteleras de El Fuerte, Sinaloa. *Revista Ra Ximhai*, 18(3), 124-144. <https://raximhai.uaim.edu.mx/index.php/rx/article/view/164>
- Valle, J. E., Garcia, C. F., y Torres, Y. J. (2019). Prácticas Sostenibles en Hoteles de Lujo y Primera en Guayaquil, Ecuador. *Rosa dos Ventos*, 11(2), 400-416. Doi:10.18226/21789061.v11i2p400
- Vidal, A. y Asuaga, C. (2021). Gestión ambiental en las organizaciones: Una revisión de la literatura. *Revista del Instituto Internacional de Costos*, 1(18), 84-122. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8136519>
- Yta, D., Sánchez, P. S. y Ramírez, J. A. (2019). Compromiso ambiental, desempeño ambiental y desempeño: un estudio exploratorio en hoteles de tres, cuatro y cinco estrellas de cinco entidades de México. *CIENCIA ergo-sum*, 26(2), 1-17. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7069664>



<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a14>

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>

<https://www.facebook.com/avacient>

EVALUACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL PROCESO DE COCCIÓN DE CONCENTRADOS DE JAZMÍN, OOLONG Y JAMAICA

Francisco Javier Valverde Juárez¹, Cindy Rosas Domínguez²,
Gregorio Polloreña López³, Sandra Carmina Osuna Izaguirre⁴

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 13/10/2024 Aceptado: 13/11/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a15>

Resumen.- En la actualidad, la elaboración de bebidas a partir de concentrados de infusiones naturales se ha convertido en una tendencia, no solo por su valor nutricional y beneficios para la salud, sino también por la facilidad con la que se pueden preparar en casa o a nivel comercial. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el consumo de energía durante el proceso de cocción de concentrados de infusiones naturales de jazmín (*Jasminum officinale*), oolong (*Camellia sinensis*) y jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*). Para ello, se evaluó el consumo de energía utilizando cuatro tratamientos a diferentes temperaturas, con el objetivo de optimizar el tiempo y la temperatura del proceso, y así lograr un ahorro energético significativo. Se evaluaron también las propiedades fisicoquímicas, como el potencial de hidrógeno (pH), la acidez titulable, los °Brix y el color en los concentrados, con el propósito de garantizar su calidad y estabilidad. De acuerdo con los resultados obtenidos, se determinó que las condiciones óptimas para el consumo energético fueron 80°C durante 21 minutos para el concentrado de jamaica, 80°C durante 31 minutos para el concentrado de jazmín y 80°C durante 35 minutos para el concentrado de oolong.

Palabras Clave: Bebida, té, consumo de energía.

EVALUATION OF ENERGY CONSUMPTION IN THE COOKING PROCESS OF JASMINE, OOLONG, AND JAMAICA CONCENTRATES

Abstract.- Currently, the preparation of beverages from concentrated natural infusions has become a trend, not only for their nutritional value and health benefits but also for the ease with which they can be prepared at home or commercially. The objective of this research was to evaluate the energy consumption during the cooking process of concentrated natural infusions of jasmine (*Jasminum officinale*), oolong (*Camellia sinensis*), and jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). To achieve this, energy consumption was evaluated using four treatments at different temperatures, with the aim of optimizing the time and temperature of the process, thus achieving significant energy savings. The physicochemical properties were also assessed, such as hydrogen potential (pH), titratable acidity, °Brix, and color in the concentrates, in order to ensure their quality and stability. According to the results obtained, the optimal conditions for energy consumption were 80°C for 21 minutes for the jamaica concentrate, 80°C for 31 minutes for the jasmine concentrate, and 80°C for 35 minutes for the oolong concentrate.

Keywords: Beverage, tea, energy consumption.

Introducción

La producción industrial de bebidas a base de infusiones naturales de plantas implica un proceso estructurado y automatizado para transformar materias primas como flores, hojas y frutos en productos listos para el consumo. Este proceso generalmente comienza con la recolección y selección de plantas como el té, la jamaica, el jazmín, oolong, entre otras. Luego, las plantas son secadas, trituradas y sometidas a extracción mediante infusión en agua caliente para obtener concentrados.

Estos concentrados se ajustan en sabor, acidez y dulzura antes de ser pasteurizados o sometidos a tratamientos térmicos para garantizar su estabilidad y seguridad microbiológica. Posteriormente, se envasan en botellas o latas, a menudo

¹ MC. Francisco Javier Valverde Juárez. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Profesor tiempo completo. <https://orcid.org/0000-0002-9730-8030> francisco.vj@guasave.tecnm.mx (**Autor correspondiente**).

² MC. Cindy Rosas Domínguez. Profesor tiempo completo. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Profesor tiempo completo. Perfil Deseable Prodep Vigente. <https://orcid.org/0000-0002-5340-504X> cindy.rd@guasave.tecnm.mx

³ MC. Gregorio Polloreña López. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Profesor tiempo completo. Perfil Deseable Prodep Vigente. <https://orcid.org/0000-0002-2847-0093> gregorio.pl@guasave.tecnm.mx

⁴ MEC. Sandra Carmina Osuna Izaguirre. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Profesor tiempo completo. Perfil Deseable Prodep Vigente. <https://orcid.org/0000-0001-5667-8732> sandra.oi@guasave.tecnm.mx

con la adición de ingredientes naturales como miel o frutas, y se distribuyen al mercado. La producción industrial busca maximizar la eficiencia en el consumo de energía y minimizar el impacto ambiental, manteniendo al mismo tiempo la calidad y las propiedades organolépticas y funcionales de las infusiones.

Dentro de las propiedades funcionales, el consumo de té aporta varios beneficios para el consumidor, estos se refieren a los efectos positivos que su consumo regular puede tener en diversos aspectos de la salud y el bienestar. “El té contiene una variedad de compuestos beneficiosos, como polifenoles, flavonoides y antioxidantes, que se han relacionado con diversos beneficios para la salud” (Mohammad, 2023, p.4).

“El té oolong es un té semifermentado (o parcialmente oxidado) que se obtiene después de que las hojas han permanecido en reposo durante 2-4 horas, y luego se calientan para interrumpir el proceso de oxidación” (Dornelles y Porto, 2014, p. 97). “Las hojas del té oolong contienen polifenoles, polisacáridos, alcaloides, vitaminas, flavonoides, aminoácidos, clorofila, minerales, compuestos volátiles, ácidos orgánicos, oligoelementos, aromas, ligninas y proteínas” (Yi et al., 2015, p. 195). “El procesamiento es fundamental para definir la calidad del té oolong. La elaboración se lleva a cabo en 7 etapas: asoleamiento y marchitamiento, fermentación, lavado, laminado, cocción, cocción final y envasado” (Ng et al., 2018, p. 2960).

“Se ha demostrado que el té oolong posee diversas actividades farmacológicas, como actividad antioxidante al reducir el estrés oxidativo, propiedades anticancerígenas, antiobesidad, antidiabéticas, efecto preventivo de la arteriosclerosis, enfermedades cardíacas, hipertensión, efectos antialérgicos y efectos antisépticos” (Weerawatanakorn et al., 2015, 134).

“Los cálices de jamaica están compuestos por una variedad de sustancias, entre las cuales se encuentran alcaloides, ácido ascórbico, anisaldehído, antocianinas, β -caroteno, β -sitosterol, ácido cítrico, ácido málico, galactosa, mucopolisacáridos, pectina, ácido protocatecuico, polisacáridos, quercetina, ácido esteárico y cera” (Galicia et al., 2008, p. 122).

Según la calidad y los métodos de procesamiento, Zeng et al. (2020) señalan que “el té se clasifica principalmente en seis categorías: té verde, té blanco, té oolong, té negro, té amarillo y té oscuro” (p. 242).

A partir de 2024, la producción mundial de té sigue siendo una actividad agrícola importante, contribuyendo significativamente a los medios de vida rurales, especialmente en Asia y África. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2023):

La producción global de té tiene un valor de más de 18 mil millones de dólares, y el comercio internacional de té alcanza aproximadamente los 10 mil millones de dólares. Los principales productores incluyen a China, India, Kenia y Sri Lanka, siendo China el mayor productor global. Los pequeños agricultores representan alrededor del 60% de la producción mundial de té, desempeñando un papel crucial en las economías rurales. La demanda de té continúa creciendo, especialmente en los mercados en desarrollo y emergentes, como Asia Oriental y África (p.1).

Ante el creciente interés y la alta demanda de plantas medicinales, diversos grupos conservacionistas sugieren que estas especies silvestres sean cultivadas. “El té es una de las bebidas terapéuticas más antiguas y populares consumidas en todo el mundo. Este producto se elabora a partir de las hojas de la planta llamada (*Camellia sinensis*)” (Namita et al., 2012, p.52).

De acuerdo a Tea Market (2024):

El mercado global del té se valoró en 75.93 mil millones de dólares estadounidenses en 2023, y se espera que alcance los 118.77 mil millones de dólares estadounidenses para 2030, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 6.6% durante el período de pronóstico. Es una de las bebidas más populares del mundo. Los té más consumidos son el té negro y el té verde, mientras que el té de hierbas está ganando popularidad. El té se considera una bebida saludable, ya que contiene una variedad de poderosos antioxidantes, así como minerales, como potasio, manganeso, magnesio y calcio” (p.1).

“Tan sólo en México se importaron 1,300 toneladas de té en 2020, siendo el segundo país de Latinoamérica con mayor cantidad de té importado, sólo por detrás de Chile que importó 23 mil toneladas de té y seguido por Perú que adquirió 1,200, nuevamente con cifras del International Tea Commitee (ITC). Para el año 2025 se espera que el consumo de té

supere los 7 mil 400 millones de kilogramos a nivel internacional” (Cubas, 2022, p.1). “En México, el mercado del té alcanzó a valer 79.3 millones de dólares en 2021 y se espera que en 2026 alcance los 97.8 millones, conforme a Euromonitor International. Lo anterior implica que para 2027, la industria podría alcanzar un valor neto de 4 mil 30 millones de dólares en un ámbito global”, según Allied Market Research. La eficiencia energética es un aspecto clave en los procesos industriales y artesanales de producción de alimentos y bebidas. En particular, el proceso de cocción de infusiones de plantas, como el té de jazmín, oolong y jamaica, requiere un uso controlado de energía para garantizar tanto la calidad del producto final como la sostenibilidad del proceso.

La producción de té requiere un alto consumo de energía, especialmente en forma de energía térmica y eléctrica. Analizar cómo estos tipos de energía impactan en los costos de producción será crucial para optimizar su eficiencia. “Un correcto consumo energético permite a las empresas alcanzar una mayor productividad y competitividad, respetando el entorno” (Shünke et al., 2016, p.1).

Evaluar el consumo energético durante la cocción de estas infusiones no solo permite optimizar tiempos y temperaturas, sino que también ayuda a reducir costos y minimizar el impacto ambiental. Este estudio tiene como objetivo analizar el consumo energético en la elaboración de concentrados de infusiones naturales, identificando las condiciones óptimas que garanticen un balance entre calidad y eficiencia.

Marco teórico

“Las bebidas se refieren a todo tipo de líquidos naturales o artificiales, sus principales componentes son agua, extractos y aditivos alimentarios; obteniendo bebidas tipo: Gaseosas, infusiones, té, entre otras; su proceso de elaboración empieza desde la recepción de la materia prima hasta el proceso de mezclado, pasteurizado y envasado” (Zumárraga, 2020, p.1).

La infusión es una bebida natural que se prepara utilizando hojas secas, raíces o frutos de ciertas plantas. Es el método más simple y habitual para aprovechar sus propiedades nutricionales. “Normalmente las infusiones son sustancias orgánicas que se obtienen sumergiéndolos en agua caliente durante un tiempo necesario para lograr que todas las propiedades naturales se queden en el agua y brindar un producto de buena calidad” (Enriquez y Pérez, 2020, p.37).

Para Ordoñez y Percy (2018):

Los concentrados de bebidas naturales son preparaciones a base de frutas, verduras, raíces u hojas, que buscan mantener sus beneficios nutricionales y sensoriales. Estas bebidas aportan minerales, vitaminas, fibra y antioxidantes. Su creciente popularidad responde a la demanda de productos más saludables, que ofrecen características naturales como sabor, aroma y color intensos. A menudo, los concentrados se utilizan como base para preparar bebidas mediante dilución con agua, permitiendo así personalizar la intensidad del sabor y la textura” (p.13).

“Las infusiones a base de hojas té (*Camellia sinensis*) son la bebida más consumida en el mundo después del agua gracias a sus agradables propiedades sensoriales, amplios beneficios para la salud y características socioculturales únicas” (Franklin y Alonso, 2021, p. 2). Las bebidas naturales que contienen vitamina C y minerales aportan beneficios significativos para la salud general, ayudando a prevenir deficiencias nutricionales, mejorar la inmunidad y promover el bienestar a largo plazo. Estos nutrientes son esenciales para apoyar una variedad de funciones biológicas críticas en el cuerpo. En 2011 Bamishaiye et al., “encontraron que el tratamiento térmico no tuvo efecto en los minerales, pero sí afectó el contenido de vitamina C” (p. 62).

“Los procesos de cocción de alimentos consumen altos niveles de energía primaria. En ciertos países debido a la industria y a que tienen grandes recursos naturales en derivados del petróleo se usa como gas licuado de petróleo (GLP) como fuente de energía para la cocción de alimentos” (Riofrío et al., 2014, pág. 269).

Para Passamai et al., (2003) “el proceso de cocción es ineficiente desde el punto de vista del primer principio de la Termodinámica: la energía que recibe el agua de cocción es de alrededor del 5 % del total que se consume por quemado del gas domiciliario” (p. 74). Por ello, es importante optimizar el consumo de energía durante el proceso de cocción de los concentrados de bebidas de infusiones naturales, con el fin de reducir los costos de producción y garantizar la sostenibilidad del proceso. La optimización del consumo energético en la preparación de bebidas es un tema relevante en la industria alimentaria, ya que busca reducir el impacto ambiental y los costos operativos. Los principales enfoques para mejorar la eficiencia energética incluyen la modernización de equipos, la implementación de tecnologías de

recuperación de calor, y la mejora de los procesos de refrigeración y pasteurización, los cuales son intensivos en energía. Además, la automatización de procesos y el uso de sistemas de control inteligente permiten reducir el desperdicio energético durante la producción.

Los tratamientos térmicos son ampliamente empleados en la conservación de alimentos, ya que garantizan la seguridad para el consumo humano y son altamente efectivos en la eliminación de microorganismos que provocan el deterioro de los productos. “Estos tratamientos térmicos además de ser una alternativa económica para generar la inocuidad de los alimentos pueden provocar cambios indeseables, como fisicoquímicos, pérdida de nutrientes, formación de componentes por reacción térmica y pérdida de apariencia” (Rodríguez Salinas et al., 2021, p. 93).

“El procesamiento térmico es la tecnología más utilizada para la pasteurización de jugos de frutas y bebidas. La pasteurización del jugo se basa en una reducción de 5 logaritmos de los microorganismos más resistentes de importancia para la salud pública. El proceso puede llevarse a cabo mediante diferentes combinaciones de tiempo y temperatura” (Vassanta y Yu, 2012, p.66).

Para Acacio Chirino (2024):

La calidad de un producto puede definirse en función de un gran número de criterios, incluyendo, sus características físicas, químicas, microbiológicas, nutricionales o, simplemente, su aceptación por los consumidores. La calidad de un producto alimenticio se mide por medio de muchos factores como el cumplimiento de requisitos exigidos por la autoridad sanitaria, el tiempo de duración del producto final y la aceptación por parte de los consumidores (p. 77).

“Existe un amplio conocimiento sobre el procesamiento térmico como método de conservación de alimentos, y los avances en tecnología han permitido la optimización para lograr la máxima eficacia contra la contaminación microbiana con un mínimo deterioro de la calidad de los alimentos” (Ronquest Ross et al., 2018, p.3). Es por ello que, en el presente trabajo se evalúa también las propiedades fisicoquímicas, como el pH, la acidez titulable, los “Brix y el color, en los concentrados, con el propósito de garantizar su calidad, seguridad y estabilidad.

Materiales y métodos

Muestras: Las muestras que se utilizaron fueron los concentrados de la infusión de Jazmín, Oolong y Jamaica.

Análisis fisicoquímicos: Se llevaron a cabo análisis de las infusiones de Jazmín, Oolong y Jamaica para medir sus características fisicoquímicas, incluyendo pH, acidez titulable y sólidos solubles totales (SST). Cada uno de estos parámetros fue evaluado tres veces por muestra para garantizar la precisión de los resultados.

pH: Se determinó el pH en alícuotas de 10 ml utilizando un potenciómetro de la marca HANNA Instruments Grochek HI98127, siguiendo el método establecido en la norma NMX-F-317-S-1978. Después de calibrar el equipo, se procedió a realizar las mediciones introduciendo el potenciómetro en las muestras y esperando entre 1 y 3 minutos hasta que la lectura se estabilizara completamente (Secretaría de Salubridad y Asistencia, 1978).

Acidez titulable: La acidez titulable de las muestras líquidas fue analizada según la norma NOM-F-102-S-1978. Para ello, se tomaron 10 mL de las muestras y se colocaron en un vaso de precipitado, añadiendo 3 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador. Posteriormente, se realizó la titulación usando una solución de NaOH 0.01 N. En el caso del concentrado de la infusión de jamaica, la acidez se midió en términos de ácido málico, mientras que para el concentrado de la infusión de jazmín, la acidez se evaluó en términos de ácido cítrico (Secretaría de Salubridad y Asistencia, 1978).

Sólidos solubles totales: El contenido de sólidos solubles totales fue determinado usando un refractómetro de la marca Precisión, modelo CVQ-4013, siguiendo el procedimiento de la norma NMX-F-436-SCFI-2011, y los resultados se expresaron en grados Brix (Secretaría de Salubridad y Asistencia, 2011).

Color. Se midió utilizando un colorímetro (Konica Minolta, Cr-400, Japón) con el sistema CIELab en coordenadas Lab*.

Análisis de parámetros fisicoquímicos: Los datos experimentales fueron obtenidos en triplicado y se presentaron como media $\pm$ desviación estándar. Para el análisis de los datos se empleó el paquete de herramientas de análisis de datos de Microsoft Excel 2016.

Consumo energético: Se calculó el consumo de energía midiendo la cantidad de gas utilizado (kg/hr) en función del tiempo de cocción y la temperatura del tratamiento. "El cálculo se realizó por lote de cocción, el cual corresponde a tres recipientes de 20 L cada uno, con un total de 60L, utilizando una estufa industrial de tres quemadores.

Resultados

El consumo energético en la preparación de bebidas a base de infusiones naturales es un factor crucial que impacta la calidad, el sabor y la sostenibilidad de estas bebidas. La energía térmica es fundamental para extraer los compuestos bioactivos de las plantas, como antioxidantes, flavonoides y aceites esenciales, que son responsables de los beneficios para la salud asociados con estas bebidas. Un control adecuado de la temperatura y el tiempo de infusión asegura que se maximicen las propiedades beneficiosas sin comprometer el sabor y la calidad de la bebida.

En las tablas 1, 2 y 3 se presentan los resultados fisicoquímicos (pH, SST y acidez titulable) a diferentes temperaturas de tratamiento, correspondientes a los concentrados naturales de jamaica, jazmín y oolong, respectivamente.

En cuanto al pH, se notó una tendencia a la baja, disminuyendo de 3.50 a 2.80, a medida que la temperatura de los tratamientos aumentaba de 60°C a 90°C para el concentrado natural de jamaica. En cambio, los concentrados de jazmín (tabla 2) y oolong (tabla 3) mostraron un comportamiento diferente, ya que el concentrado de jazmín se mantuvo en un valor de 7.1 en los tratamientos a 60 y 90°C, mientras que el concentrado de oolong se mantuvo en 7.2.

En cuanto a los SST, se observó un comportamiento ascendente, de 1.0 a 2.0, a medida que aumentó la temperatura del tratamiento de 60°C a 90°C en los concentrados naturales de jamaica y oolong. En contraste, el concentrado natural de jazmín mantuvo un valor constante de 2.0 en todos los tratamientos. "La acidez titulable se entiende como la cantidad de una sustancia presente en la solución valorada mediante la adición de hidróxido de sodio al 0,1 N, expresada en porcentaje de ácido cítrico de acuerdo con el método oficial Association of Analytical Communities (AOAC) 942.15" (Amorocho, et al., 2022, p.49).

En el concentrado de jamaica, la acidez titulable muestra un comportamiento irregular. A 60°C y 80°C es de 0.067%, pero a 70°C se presenta un incremento notable hasta 0.207%, para luego reducirse a 0.100% a 90°C; mientras, que en el concentrado de jazmín, la acidez titulable se mantiene constante en 0.012% para las temperaturas de 60°C, 70°C y 80°C, aumentando a 0.019% a 90°C. En el concentrado de oolong, la acidez es relativamente baja y se mantiene casi constante en el rango de temperaturas (de 0.064% a 0.012%).

Tabla 1. Resultados fisicoquímicos del concentrado natural de jamaica para diferentes tratamientos.

Parámetro fisicoquímico	Resultados fisicoquímicos de concentrados naturales de jamaica.			
	60°C	70°C	80°C	90°C
pH	3.50	3.10	2.90	2.80
SST (° brix)	1.00	1.50	2.00	2.00
Acidez titulable %	0.067	0.207	0.067	0.100

Nota: Elaboración propia.

Tabla 2. Resultados fisicoquímicos del concentrado natural de jazmín para diferentes tratamientos.

Parámetro fisicoquímico	Resultados fisicoquímicos de concentrados naturales de jazmín.			
	60°C	70°C	80°C	90°C
pH	7.10	7.20	7.20	7.10
SST (° brix)	2.00	2.00	2.00	2.00
Acidez titulable %	0.012	0.012	0.012	0.019

Nota: Elaboración propia.

Tabla 3. Resultados fisicoquímicos del concentrado natural de oolong para diferentes tratamientos.

Parámetro fisicoquímico	Resultados fisicoquímicos de concentrados naturales de oolong.			
	60°C	70°C	80°C	90°C
pH	7.20	7.30	7.20	7.30
SST (° brix)	1.00	2.00	2.00	2.00
Acidez titulable %	0.064	0.012	0.012	0.012

Nota: Elaboración propia.

La medición de los parámetros cromáticos L^* , a^* y b^* en los alimentos se utilizan para evaluar y cuantificar objetivamente el color de los productos, un aspecto clave en la percepción de calidad por parte de los consumidores. Estos parámetros proporcionan información detallada sobre las características visuales del alimento, que son importantes no solo desde un punto de vista estético, sino también como indicadores de su estado, composición y posibles cambios durante los procesos de producción, almacenamiento o tratamiento.

“En los productos agrícolas el color es un parámetro que permite al consumidor seleccionar de manera rápida dentro de una variedad de opciones al momento de comprar” (Salinas Moreno et al., 2012, p.399). Esta característica es importante para la posterior selección para el consumidor. La tabla 4 muestra los parámetros cromáticos del concentrado natural de jamaica sometido a diferentes temperaturas de tratamiento térmico (60°C, 70°C, 80°C, 90°C). A 60°C, el valor de L^* es 46.02 ± 2.17 , lo que indica una tonalidad relativamente clara, mientras que a 90°C, L^* baja a 26.57 ± 1.67 , indicando una menor luminosidad o un oscurecimiento del concentrado. El valor de a^* aumenta de manera notable de 17.0 ± 4.12 a 28.90 ± 0.76 cuando se incrementa la temperatura de 60°C a 70°C. Posteriormente, desciende ligeramente con más aumento de temperatura (a 80°C y 90°C), aunque se mantiene en valores altos, lo que sugiere una intensificación del color rojizo. El valor de b^* también muestra un aumento desde 6.52 ± 2.15 a 18.56 ± 2.47 entre 60°C y 80°C y después disminuye a 17.34 ± 2.37 a 90°C. Esto indica que el tratamiento térmico genera un color más amarillo a temperaturas más altas, pero con cierta variabilidad en la tendencia.

La tabla 5 muestra los parámetros cromáticos del concentrado natural de jazmín sometido a diferentes temperaturas de tratamiento térmico (60°C, 70°C, 80°C, 90°C). El valor de L^* varía de 51.32 ± 3.98 a 47.25 ± 2.65 a medida que aumenta la temperatura de 60°C a 90°C. A 70°C, se observa el valor más alto de luminosidad (54.42 ± 1.37), lo que indica que el producto es más claro a esta temperatura. Sin embargo, a partir de los 80°C y 90°C, la luminosidad disminuye (50.22 ± 3.29 y 47.25 ± 2.65), indicando un oscurecimiento del producto con temperaturas más altas.

Los resultados de los parámetros cromáticos del concentrado natural de oolong se muestran en la tabla 6, el cual fue sometido a diferentes temperaturas de tratamiento térmico (60°C, 70°C, 80°C, 90°C). El valor de L^* varía de 50.15 ± 2.70 a 39.58 ± 1.034 a medida que aumenta la temperatura de 60°C a 90°C. A 70°C, se observa el valor más alto de luminosidad (50.78 ± 0.382), lo que indica que el producto es más claro a esta temperatura. Sin embargo, a partir de los 80°C y 90°C, la luminosidad disminuye (44.39 ± 1.549 y 39.58 ± 1.034), indicando un oscurecimiento del producto con temperaturas más altas.

Tabla 4. Parámetros cromáticos del concentrado natural de jamaica.

Parámetro	Tratamiento térmico			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
L^*	46.02 ± 2.17^a	40.03 ± 3.68^a	29.56 ± 1.86^b	26.51 ± 1.67^b
a^*	17.0 ± 4.12^b	28.9 ± 0.76^a	25.23 ± 3.51^a	24.77 ± 2.20^a
b^*	6.52 ± 2.15^b	17.12 ± 3.04^a	18.56 ± 2.47^a	17.34 ± 2.37^a

Nota: Los datos se expresan como media $\pm$ DS (desviación estándar). Diferente letra en la misma línea dentro de cada tratamiento indica diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$). Elaboración propia.

Tabla 5. Parámetros cromáticos del concentrado natural de jazmín.

Parámetro	Tratamiento térmico			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
L*	51.32±3.98 ^a	54.42±1.37 ^a	50.22±3.29 ^a	47.25±2.65 ^a
a*	0.340±0.191 ^b	0.857±0.344 ^{ab}	1.22±0.713 ^{ab}	1.72±0.366 ^a
b*	24.13±4.80 ^a	21.7±18.3 ^a	33.39±1.74 ^a	33.69±1.15 ^a

Nota: Los datos se expresan como media ± DS (desviación estándar). Diferente letra en la misma línea dentro de cada tratamiento indica diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$). Elaboración propia.

Tabla 6. Parámetros cromáticos del concentrado natural de oolong.

Parámetro	Tratamiento térmico			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
L*	50.15±2.70 ^a	50.78±0.382 ^a	44.39±1.549 ^b	39.58±1.034 ^c
a*	1.51±1.211 ^c	2.913±0.494 ^{bc}	5.73±2.26 ^{ab}	9.29±1.51 ^a
b*	21.7±0.978 ^c	26.26±2.31 ^{bc}	31.20±3.40 ^{ab}	32.51±1.95 ^a

Nota: Los datos se expresan como media ± DS (desviación estándar). Diferente letra en la misma línea dentro de cada tratamiento indica diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$). Elaboración propia.

Las tablas 7, 8 y 9 muestran el consumo energético durante el proceso de elaboración de los concentrados naturales de jamaica, jazmín y oolong respectivamente, en función de la temperatura de tratamiento. Se examinan cuatro parámetros: temperatura (°C), tiempo (minutos), consumo de gas (kg/h) y costo por lote (pesos). En los tres concentrados, jamaica, jazmín y oolong, se observa que a medida que la temperatura aumenta de 60°C a 100°C, el tiempo necesario para el proceso también aumenta, pasando de 14.15 a 30.00 minutos para la jamaica, de 19.58 a 43 minutos para el concentrado de jazmín y de 20.05 a 45 minutos para el concentrado de oolong. Este incremento es casi proporcional, lo que sugiere que para alcanzar temperaturas más altas es necesario un mayor tiempo de tratamiento, lo que también podría influir en el consumo energético. En los tres concentrados se observa un aumento en el consumo de gas a medida que incrementa la temperatura. En el concentrado de jamaica, a 60°C el consumo de gas es de 0.37 kg/h, mientras que a 100°C aumenta a 0.79 kg/h. En el concentrado de jazmín, a 60°C el consumo de gas es de 0.51 kg/h, incrementando a 1.12 kg/h a 100°C. En el concentrado de oolong, a 60°C el consumo de gas es de 0.52 kg/h, mientras que a 100°C aumenta a 1.18 kg/h. El incremento en los tres concentrados es considerable, prácticamente duplicándose el consumo de gas a 100°C en comparación con 60°C, lo que tiene implicaciones directas en el costo energético del proceso.

El costo por lote también aumenta a medida que sube la temperatura. A 60°C, el costo es de 21.53 pesos, mientras que, a 100°C, el costo es de 45.64 pesos. En el concentrado de jazmín el costo a 60°C es de 29.79 pesos, mientras que a 100°C el costo es de 65.42 pesos. En el concentrado de oolong, el costo a 60°C es de 30.50 pesos, mientras que a 100°C el costo es de 68.46 pesos. Esto indica que el aumento de la temperatura y el tiempo de tratamiento incrementan considerablemente los costos operativos, probablemente debido al mayor consumo de gas.

Tabla 7. Consumo energético durante el proceso de elaboración del concentrado natural de jamaica.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Consumo de gas (Kg/h)	Costo por lote (pesos)
60	14.15	0.37	21.53
70	17.17	0.45	26.12
80	21.16	0.55	32.19
90	24.52	0.64	37.30
100	30.00	0.79	45.64

Nota: Elaboración propia.

Tabla 8. Consumo energético durante el proceso de elaboración del concentrado natural de jazmín.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Consumo de gas (Kg/h)	Costo por lote (pesos)
60	19.58	0.51	29.79
70	25.29	0.66	38.47
80	31.27	0.81	47.57
90	37.01	0.97	56.30

100	43.00	1.12	65.42
-----	-------	------	-------

Nota: Elaboración propia.

Tabla 9. Consumo energético durante el proceso de elaboración del concentrado natural de oolong.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Consumo de gas (Kg/h)	Costo por lote (pesos)
60	20.05	0.52	30.50
70	26.15	0.68	39.78
80	35.10	0.91	53.40
90	40.05	1.05	60.93
100	45.00	1.18	68.46

Nota: Elaboración propia.

Discusión

El concentrado natural de jamaica mostró una tendencia clara a la disminución del pH a medida que aumentaba la temperatura del tratamiento térmico. El pH disminuyó de 3.50 a 2.80 conforme la temperatura aumentaba de 60°C a 90°C. Este descenso en el pH puede estar relacionado con la degradación térmica de ciertos compuestos ácidos presentes en la jamaica, como los ácidos orgánicos (por ejemplo, ácido hibiscus y ácido cítrico), que pueden volverse más concentrados o liberarse en mayor medida a temperaturas más altas, aumentando la acidez del producto. Estos resultados coinciden con lo reportado por Barajas et al., (2020), quienes “encontraron una ligera disminución en el contenido de pH (2.61 a 2.36) en bebidas preparadas con diferentes concentraciones de cálices de jamaica preparadas a 100 °C durante 10 minutos” (p. 563). Así mismo coinciden con lo reportado por Salinas Moreno et al., (2024) quienes “prepararon bebidas con cálices de jamaica con diferente grado de pigmentación y encontraron valores de pH entre 2.42 y 2.5” (p. 5).

A diferencia del concentrado de jamaica, el pH del concentrado de jazmín se mantuvo constante en 7.1 durante los tratamientos a 60°C y 90°C. Este valor de pH neutro sugiere que los compuestos presentes en el concentrado de jazmín son relativamente estables frente al calor y no sufren alteraciones significativas que afecten la acidez o alcalinidad del producto.

Similar al concentrado de jazmín, el pH del concentrado de oolong se mantuvo constante, con un valor de 7.2 a lo largo de los tratamientos a 60°C y 90°C. Esto sugiere que los componentes presentes en este concentrado no se ven afectados significativamente por el aumento de temperatura, lo que mantiene el equilibrio ácido-base del producto. Estos resultados coinciden con lo reportado por Zimmermann y Gleichenhagen (2011), “al analizar el pH de infusiones de té verde a 70°C y a diferentes tiempos de extracción encontraron que este se mantenía constante con un valor de 6.9 durante todo el tratamiento” (p. 1546). En 2014, Rahman et al., “encontraron valores de pH de 5.53 a 5.97 en bebidas preparadas con hojas de oolong” (p. 56).

En el concentrado natural de jamaica, los SST mostraron un aumento gradual conforme la temperatura del tratamiento térmico incrementaba de 60°C a 90°C. Los valores subieron de 1.0 a 2.0, lo que sugiere que a temperaturas más elevadas se produce una mayor extracción o concentración de compuestos solubles en el agua, tales como azúcares, ácidos orgánicos, y otros compuestos solubles que influyen en el sabor, color y textura del concentrado. El comportamiento del concentrado de oolong fue similar al de la jamaica, mostrando también un aumento en los SST, de 1.0 a 2.0, a medida que la temperatura del tratamiento aumentaba de 60°C a 90°C. Este incremento sugiere que, al igual que en el caso de la jamaica, el tratamiento térmico facilita la liberación o concentración de compuestos solubles, lo que puede influir en la composición final del concentrado.

A diferencia de los concentrados de jamaica y oolong, el concentrado de jazmín mantuvo un valor constante de SST de 2.0 en todos los tratamientos térmicos, desde 60°C hasta 90°C. Esto indica que el proceso térmico no tuvo un impacto significativo en la concentración de los sólidos solubles en este concentrado, lo que puede estar relacionado con la naturaleza de los compuestos presentes en el jazmín y su estabilidad frente al calor.

“La acidez de los extractos está directamente relacionada con la cantidad de ácidos presentes, y en jamaica los dominantes son el oxálico y el succínico, aunque pueden encontrarse también cítrico, ascórbico, málico y esteárico”. (Salinas Moreno et al., 2012, p. 403).

En el concentrado de jamaica, la acidez titulable muestra un comportamiento irregular. A 60°C y 80°C es de 0.067%, pero a 70°C se presenta un incremento notable hasta 0.207%, para luego reducirse a 0.100% a 90°C. Este comportamiento no lineal sugiere que, a determinadas temperaturas, puede haber una mayor liberación de compuestos ácidos o que la capacidad de titulación de los ácidos cambia con el calor, posiblemente debido a interacciones con otros compuestos del concentrado; mientras, que en el concentrado de jazmín, la acidez titulable se mantiene constante en 0.012% para las temperaturas de 60°C, 70°C y 80°C, aumentando a 0.019% a 90°C. Este ligero incremento podría indicar que a temperaturas más altas se libera más acidez, lo que puede afectar el sabor y la percepción del producto, aunque todavía en un rango bajo. En el concentrado de oolong, la acidez es relativamente baja y se mantiene casi constante en el rango de temperaturas (de 0.064% a 0.012%). Esto sugiere que la temperatura no afecta significativamente la acidez de oolong. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Rahman et al., (2014), que “encontraron que el contenido de acidez en el té oolong se encontraba en un rango entre 2.02 y 1.02 %” (p. 56).

Los valores de luminosidad (L) de 29.56 ± 1.86^b y 26.51 ± 1.67^b obtenidos con los tratamientos a 80°C y 90°C, respectivamente, no muestran diferencias significativas y coinciden con lo reportado por Barajas y colaboradores en 2020, en donde analizaron bebidas preparadas con extractos al 1, 2.5, 5 y 10 % de cálices de jamaica y encontraron valores de luminosidad de 30.6, 27.9, 24.3 y 26.2, respectivamente. Las condiciones de extracción son muy importantes para las características finales de las bebidas obtenidas a partir de cálices de jamaica. “Las infusiones de té con mayor intensidad de color indican que el té contiene mayores cantidades de antioxidantes, como moléculas polifenólicas o flavonoides” (Tan et al., 2022, p. 6).

Los resultados de los parámetros L^* , a^* y b^* indican que el tratamiento térmico afecta significativamente los parámetros cromáticos del concentrado de jazmín. A temperaturas más altas, el concentrado tiende a oscurecerse (disminución de L^*), adquirir un tono más rojizo (aumento de a^*) y volverse más amarillo (aumento de b^*). Estos cambios pueden estar relacionados con reacciones químicas que ocurren a altas temperaturas, como la reacción de Maillard o la caramelización, que pueden alterar el color de los compuestos presentes en el concentrado.

El tratamiento térmico afecta de manera notable los parámetros cromáticos del concentrado de oolong. A medida que aumenta la temperatura: El concentrado se oscurece significativamente (baja en L^*). Aumenta la tendencia hacia los tonos rojizos (aumento de a^*). Se intensifican los tonos amarillos (aumento de b^*). Estas alteraciones en el color pueden deberse a reacciones químicas que ocurren a altas temperaturas, como la oxidación de compuestos fenólicos, la caramelización y la reacción de Maillard, las cuales generan pigmentos oscuros y alteran la composición de color del producto. Estos cambios pueden ser cruciales para el procesamiento y la comercialización del concentrado, ya que el color es un factor determinante en la percepción de la calidad por parte del consumidor. Por lo tanto, el control de la temperatura en el procesamiento del concentrado de oolong es fundamental para mantener características cromáticas deseadas.

Esto es importante para determinar el tratamiento térmico óptimo según las características visuales deseadas del producto final, ya que las variaciones en color pueden afectar la percepción de calidad por parte del consumidor. Los resultados de consumo energético muestran un patrón claro: a medida que aumenta la temperatura de procesamiento (de 60°C a 100°C), el consumo de gas se incrementa en todos los concentrados evaluados (jamaica, jazmín y oolong). Esto es coherente con la necesidad de mayores cantidades de energía para alcanzar y mantener temperaturas más altas durante un tiempo prolongado, como lo demuestra el hecho de que los tiempos de procesamiento también aumentan conforme la temperatura sube. En el procesamiento del té oolong, los compuestos clave que aportan sabor se generan a partir de la oxidación de catequinas, aminoácidos y azúcares. “El sabor del té oolong es complejo debido a la interacción de muchos compuestos diferentes de sabor. El té oolong presenta efectos antioxidantes, anticancerígenos, antiobesidad, preventivos de la aterosclerosis y enfermedades cardíacas, antidiabéticos y antialérgicos” (Chen, 2010, p.1).

En el concentrado de Jamaica a 60°C, el consumo de gas es de 0.37 kg/h y aumenta a 0.79 kg/h a 100°C. Este incremento refleja un crecimiento de más del 100%, lo que sugiere que el concentrado de jamaica es altamente sensible al aumento de temperatura en términos de consumo energético.

En el caso del concentrado de jazmín, el consumo de gas a 60°C es de 0.51 kg/h, mientras que a 100°C alcanza los 1.12 kg/h. El incremento es aún más pronunciado en comparación con el concentrado de jamaica, lo que indica que el proceso de elaboración de este concentrado requiere significativamente más energía a temperaturas elevadas.

El concentrado de oolong muestra un comportamiento similar, con un consumo de gas de 0.52 kg/h a 60°C que aumenta a 1.18 kg/h a 100°C. Al igual que en los otros concentrados, el incremento es considerable, y la tendencia al alza en el consumo energético sugiere que este concentrado también es sensible a cambios en la temperatura.

A nivel comparativo, el concentrado de jazmín presenta el mayor consumo de gas en ambos extremos de temperatura (60°C y 100°C), seguido por el concentrado de oolong y, finalmente, el de jamaica. Esto podría estar relacionado con las características físicas o químicas de cada concentrado y su respuesta al calor durante el proceso de concentración. Es posible que los compuestos presentes en cada uno de estos productos requieran más energía para ser concentrados de manera eficiente, lo que explica las diferencias observadas. El hecho de que el consumo de gas casi se duplique entre los 60°C y los 100°C en todos los concentrados evaluados implica un aumento significativo en los costos energéticos. Este incremento afecta directamente los costos de producción, lo que podría hacer menos rentable operar a temperaturas más elevadas si no se obtienen beneficios adicionales como una mayor calidad o mejores propiedades del producto final. Los datos sugieren que, para reducir el impacto económico, es necesario optimizar las condiciones de procesamiento. Esto podría incluir la evaluación de temperaturas más bajas o intermedias que permitan un equilibrio entre la eficiencia energética y la calidad del concentrado.

En este contexto, es crucial que los procesadores evalúen si las ganancias en calidad del producto final justifican el aumento en los costos operativos al trabajar a temperaturas más elevadas. También podría explorarse la posibilidad de utilizar tecnologías más eficientes energéticamente para reducir el impacto del consumo de gas, como intercambiadores de calor o procesos de pre-tratamiento que minimicen el tiempo necesario para alcanzar las temperaturas objetivo.

De acuerdo con los resultados obtenidos, concluimos que el tratamiento a 80 °C presenta los mejores resultados, ya que no se observan diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos de pH, SST, acidez titulable y color, comparados con el tratamiento a 90 °C; además, representa un menor consumo energético, lo que representa un ahorro significativo para el fabricante. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Perva et al., (2006); ellos estudiaron la extracción de ingredientes activos del té verde (*Camellia sinensis*) con diferentes procedimientos de extracción con agua y determinaron las condiciones óptimas: la máxima eficiencia de extracción de catequinas con agua se obtuvo a 80 °C después de 20 minutos (97%) y a 95 °C después de 10 minutos de extracción (90%) (p. 597).

Conclusiones

El análisis muestra que el comportamiento del pH frente al tratamiento térmico varía considerablemente entre los concentrados. El concentrado de jamaica sufre un aumento en su acidez conforme la temperatura sube, mientras que los concentrados de jazmín y oolong permanecen estables. Estas diferencias son importantes para definir las condiciones de procesamiento y asegurar la calidad sensorial y microbiológica de cada tipo de concentrado.

El análisis de los sólidos solubles totales muestra diferencias importantes en la respuesta de cada concentrado a los tratamientos térmicos. Mientras que los concentrados de jamaica y oolong experimentan un aumento en los SST a medida que aumenta la temperatura, lo que podría mejorar su intensidad sensorial, el concentrado de jazmín mantiene un valor constante, lo que sugiere una mayor estabilidad. Estos resultados son cruciales para el diseño de los procesos de producción, ya que permiten ajustar las condiciones de temperatura para optimizar la concentración y la calidad de cada tipo de concentrado.

Los resultados muestran que la acidez titulable en los concentrados de jamaica, jazmín y oolong responde de manera diferente a los tratamientos térmicos. Mientras que el concentrado de jamaica presenta un comportamiento irregular, con un aumento abrupto a 70°C, los concentrados de jazmín y oolong mantienen una acidez más estable, con pequeñas variaciones. Esta información es esencial para el diseño de los procesos de producción, ya que permite ajustar las condiciones de temperatura para obtener un perfil sensorial consistente y una acidez controlada, dependiendo del tipo de concentrado que se esté procesando. Los resultados muestran una clara tendencia de aumento en el consumo de gas y los costos energéticos a medida que aumenta la temperatura del proceso. Esto es consistente en los tres concentrados analizados (jamaica, jazmín y oolong). Si bien los incrementos son esperados, el hecho de que el consumo de gas prácticamente se duplique con el aumento de temperatura sugiere que las operaciones a 100°C pueden no ser sostenibles desde una perspectiva económica a largo plazo. Es fundamental equilibrar la eficiencia del proceso con el costo energético, especialmente en entornos donde los márgenes de ganancia son estrechos. Según los resultados obtenidos, podemos concluir que el tratamiento a 80 °C es el más efectivo, ya que no se detectan diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos de pH, SST, acidez titulable y color. Además, este tratamiento conlleva un menor consumo de energía, lo que supone un ahorro considerable para el fabricante.

Referencias bibliográficas

- Acacio Chirino, N. (2024). Evaluación de parámetros de calidad para una bebida láctea con Aloe fermentada. *Tecnología Química*, 44(1), 75-90. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852024000100075&lng=es&tlng=es.
- Amorcho, C. M. Soto, J. E. y Charry, S. (2022). Caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de vino de curuba (*Passiflora mollissima* var. Bailey). *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20 (2), 45-59. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1562>
- Bamishaiye, E. I. Olayemi, F. F. y Bamishaiye O. M. (2011). Effects of Boiling Time on Mineral and Vitamin C Content of Three Varieties of Hibiscus sabdriffa Drink in Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences* 7 (1): 62-67. https://www.researchgate.net/profile/FfOlayemi/publication/265233359_Effects_of_Boiling_Time_on_Mineral_and_Vitamin_C_Content_of_Three_Varieties_of_Hibiscus_sabdriffa_Drink_in_Nigeria/links/59f1dd8caca272cdc7d0054c/Effects-of-Boiling-Time-on-Mineral-and-Vitamin-C-Content-of-Three-Varieties-of-Hibiscus-sabdriffa-Drink-in-Nigeria.pdf
- Barajas, R. Gutiérrez S. y Sáyago A. (2020). Concentration of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) and sucrose in beverages: Effects on physicochemical characteristics and acceptance. *Food Science and Technology International*, 27(6), 563-571. <https://doi.org/10.1177/1082013220973796>
- Chen, Y. L. Duan, J. Jiang, Y. M. Shi, J. Peng, L. Xue, S. y Kakuda, Y. (2010). Production, Quality, and Biological Effects of Oolong Tea (*Camellia sinensis*). *Food Reviews International*, 27(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/87559129.2010.518294>
- Cubas, I. (21 de mayo de 2022). Consumo de infusiones y té: una tendencia en ascenso por sus beneficios a la salud. The Food Tech. <https://thefoodtech.com/industria-alimentaria-hoy/consumo-de-infusiones-y-te-una-tendencia-en-ascenso-por-sus-beneficios-a-la-salud/>
- Dornelles, M. L. y Porto, Q. G. (2014). Correlation between antioxidant activity and total phenolic content with physicochemical parameters of blended extracts of *Camellia sinensis*. *Acta Scientiarum. Health Sciences*, 36(1), 97-103. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=307229993014>
- Enriquez, M. A. y Pérez, M. L. (2020). Perspectiva de consumo y marketing mix para una infusión de ortiga con naranja en Pastaza. *ECA Sinergia*, 11(2), 34-46. https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v11i2.2172
- Franklin, P. C. y Alonso, F. J. T. (2021). Extracción de compuesto fenólicos-actividad antioxidante en té verde (*Camellia sinensis*) bajo un diseño factorial 3x3. *Rev. Bio Scientia*, 4(8), 1-8. <https://acortar.link/uEUuBD>
- Galicia, F. Salinas, M. Espinoza, G. y Sánchez, F. (2008). Caracterización fisicoquímica y actividad antioxidante de extractos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) nacional e importada. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(2), 121-129. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X2008000200004&lng=es&tlng=es
- Mohammad, S. H. (2023). Health Benefits of Herbal Tea: A Review. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34928.43526>
- Namita, P. Mukesh, R. y Vijay, K. J. (2012). *Camellia Sinensis* (Green Tea): A Review. *Global Journal of Pharmacology* 6(2): 52-59. https://www.researchgate.net/publication/267959550_Camellia_Sinensis_Green_Tea_A_Review
- Ng, K. W. Cao, Z. J. Chen, H. B. Zhao, Z. Z. Zhu, L., y Yi, T. (2018). Oolong tea: A critical review of processing methods, chemical composition, health effects, and risk. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(17), 2957-2980. DOI: 10.1080/10408398.2017.1347556
- Ordoñez, H. y Percy, R. (2018). Tecnología de bebidas naturales. *Repositorio Institucional Digital. Universidad Nacional del Callao*. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/2304>
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (19 de mayo de 2023). Día Internacional del Té de 2023: apoyar a los pequeños productores de té forma parte integral de la transformación de los sistemas agroalimentarios. <https://www.fao.org/newsroom/detail/international-tea-day-2023--supporting-smallholder-tea-producers-is-an-integral-part-in-the-transformation-of-agrifood-systems/es>
- Passamai, V. Passamai, M. Bernaski, M y Passamai, T. (2003). Evaluación del consumo energético para la cocción. *ASADES. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7(2), 73-78. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/81073/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Perva, U. A. Škerget, M. Knez, J. Weinreich, B. Otto, F. y Grüner, S. (2006). Extraction of active ingredients from green tea (*Camellia sinensis*): Extraction efficiency of major catechins and caffeine. *Food Chemistry*, 96(4), 597-605. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.015>
- Rahman, M. Kalam, M. Salam, M. y Rana, M. (2014). Aged leaves effect on essential components in green and oolong tea. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology*, 3(2), 54-58. <https://doi.org/10.3329/ijarit.v3i2.17845>

- Riofrío, A. Carrión, D. Orozco, M. Vaca, D. y Martínez, J. (2014). Análisis del consumo energético en procesos de cocción eficiente para el sector residencial. *ResearchGate*. 268:273. <https://acortar.link/SwvZOj>
- Rodríguez Salinas, P. A. Urías Orona, V. Basilio Heredia, J. Suarez Jacobo, A. Báez González, J. Zavala García, F. y Niño Medina, G. (2021). Efecto de termosonicación y pasteurización sobre propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y nutraceuticas en bebidas de maíz. *Biotechnia*, 23(1), 92-101. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v23i1.1204>
- Ronquest Ross, L. C. Vink, N. y Sigge, G. O. (2018). Application of science and technology by the South African food and beverage industry. *South African Journal of Food Science*, 114(9-10), 1-11. https://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S0038-23532018000500017&script=sci_arttext
- Salinas Moreno, Y. García Salinas, C. Gálvez Marroquín, L. A. y Andrade González, I. (2024). Bebida nutraceutica de cálices de jamaica con diferente pigmentación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*, 15(6), 1-10. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i6.3254>
- Salinas Moreno, Y. Zúñiga Hernández, A. R. E., Jiménez De la Torre, L. B. Serrano Altamirano, V. y Sánchez Fera, C. (2012). Color en cálices de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa L*) y su relación con características fisicoquímicas de sus extractos acuosos. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(3): 395-407. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.08.038>
- Secretaría de Salubridad y Asistencia. (1978). Norma Oficial Mexicana NOM-F-102-S-1978: Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4704689&fecha=23/05/1978#gsc.tab=0
- Secretaría de Salubridad y Asistencia. (1978). Norma Mexicana NMX-F-317-S-1978: Determinación de pH en Alimentos. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4704689&fecha=23/05/1978#gsc.tab=0
- Secretaría de Salubridad y Asistencia. (2011). Norma Mexicana NMX-F-436-SCFI-2011: Industria azucarera y alcoholera determinación de grados brix en jugos de especies vegetales productoras de azúcar y materiales azucarados. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-f-436-scfi-2011.pdf>
- Shünke, S. E. Müller, M. R. Rietz, J. Haupt, M. C. Elias, R. J. D. Dekun, C. M. (2016). *Consumo de energía eléctrica en el sector elaborador de té negro en Misiones*. Jornada de pesquisas. Universidad Nacional de Misiones, Misiones, Brasil. <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/6695/5466>
- Tan, H. L. Ojukwu, M. Lee, L. X. y Easa, A. M. (2022). Quality characteristics of green Tea's infusion as influenced by brands and types of brewing water. *Heliyon*, 9(2), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12638>
- Tea Market. (23 de septiembre de 2024). *Global Industry Analysis and Forecast*. <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-tea-market/19202/>
- Vassanta, H. P. y Yu, L. J. (2012). Emerging Preservation Methods for Fruit Juices and Beverages. Editorial Intech Open. <https://acortar.link/235nWk>
- Weerawatanakorn, M. Hung, W. L. Pan, M. H. Li, S. Li, D. Wan, X. y Ho, C. T. (2015). Chemistry and health beneficial effects of oolong tea and theasinsins. *Food Science and Human Wellness* 4(2) 133-146. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fshw.2015.10.002>
- Yi, T. Zhu, L. Peng, W. L. He, X. C. Chen, H. L. Li, J. y Chen, H. B. (2015). Comparison of ten major constituents in seven types of processed tea using HPLC-DAD-MS followed by principal component and hierarchical cluster analysis. *Food Science and Technology*, 62(1), 194-201. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.003>
- Zeng, L. Zhou, X. Su, X. y Yang, Z. (2020). Chinese oolong tea: An aromatic beverage produced under multiple stresses. *Trends in food science & technology*, 106, 242-253. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.001>
- Zimmermann, B. F. y Gleichenhagen, M. (2011). The effect of ascorbic acid, citric acid and low pH on the extraction of green tea: How to get most out of it. *Food Chemistry*. 124(4), 1543-1548 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.009>
- Zumárraga, V. (2020). Evaluación del tiempo y temperatura de infusión en la concentración de taninos en una bebida a base de lavanda (*lavandula angustifolia*) [Tesis de maestría, Universidad de las Américas de Quito]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12792>



<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a15>

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>

<https://www.facebook.com/avacient>

EFFECTOS DE LA FRAGMENTACIÓN URBANA EN LA VULNERABILIDAD SOCIO-TERRITORIAL DE MAHAHUAL, QUINTANA ROO

Jorge Javier Hernández Serrano¹, Carlos Eliezer Tello Moguel²,
Gabriela Rosas Correa³, Laura Isabel Guarneros Urbina⁴

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 08/10/2024 Aceptado: 13/11/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a16>

Resumen.- Las áreas urbanas y rurales son los epicentros del desarrollo de las actividades humanas, por lo que una planificación urbana deficiente puede originar zonas vulnerables. En Mahahual, Quintana Roo se observa una desorganización espacial, con desigualdades socio-económicas, fenómeno presente en América Latina. La fragmentación urbana es resultado del impacto que tiene la sociedad al transformar su territorio, con divisiones visibles, en áreas separadas y desconectadas. Mediante barreras naturales o artificiales, ocasionando zonas de exclusión y vulnerabilidad ante posibles riesgos naturales y antropogénicos. Este artículo presenta un diagnóstico sobre como la fragmentación urbana en Mahahual, afecta la vulnerabilidad socio-territorial. La metodología es cuantitativa, empleando herramientas de sistemas de información geográfica, base de datos digitales, programas como AutoCAD y QGIS. Entre los principales hallazgos existen tres eventos que convergen con la problemática. Evento 1: el huracán Dean del 2007 y la fragmentación urbana con cambios en la organización y división espacial, evento 2: el crecimiento acelerado poblacional consecuencia de la búsqueda de oportunidades, evento 3: la inversión inmobiliaria al concentrarse en determinadas zonas y priorizar la rentabilidad sobre la equidad. La fragmentación urbana representa un reto a futuro para la calidad de vida de la población y el desarrollo equitativo del territorio.

Palabras clave: Urbanización, Vivienda, Fotogrametría, Población, Amenaza.

EFFECTS OF URBAN FRAGMENTATION ON SOCIO-TERRITORIAL VULNERABILITY FACTORS OF MAHAHUAL, QUINTANA ROO

Abstract.- Urban and rural areas are the epicenters of the development of human activities, so poor urban planning can give rise to vulnerable areas. In Mahahual, Quintana Roo, a spatial disorganization is observed, with socio-economic inequalities, a phenomenon present in Latin America. Urban fragmentation is the result of the impact that society has by transforming its territory, with visible divisions, into separate and disconnected areas. Through natural or artificial barriers, causing zones of exclusion and vulnerability to possible natural and anthropogenic risks. This article presents a diagnosis of how urban fragmentation in Mahahual affects socio-territorial vulnerability. The methodology is quantitative, using geographic information systems tools, digital databases, programs such as AutoCAD and QGIS. Among the main findings there are three events that converge with the problem. Event 1: Hurricane Dean of 2007 and urban fragmentation with changes in organization and spatial division, event 2: accelerated population growth as a result of the search for opportunities, event 3: real estate investment by concentrating on certain areas and prioritizing profitability about equity. Urban fragmentation represents a future challenge for the quality of life of the population and the equitable development of the territory.

Keywords: Urbanization, Housing, Photogrammetry, Population, Threat.

Introducción

El crecimiento poblacional y las actividades económicas son los principales impulsores de la evolución urbana, moldeando el espacio urbano y su organización (Santana et al., 2016). El rápido crecimiento en las ciudades latinoamericanas, a menudo, genera un desorden espacial y expone a las poblaciones a diversos riesgos sociales y

¹ Estudiante de la maestría en urbanismo. Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal, Avenida Insurgentes 330, Chetumal, Quintana Roo, México, 77013. <https://orcid.org/0009-0003-0688-7757>. M15390052@chetumal.tecnm.mx (**Autor de correspondencia**).

² Docente. Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal, Avenida Insurgentes 330, Chetumal, Quintana Roo, México, 77013. <https://orcid.org/0009-0006-9568-1049>. carlos.tm@chetumal.tecnm.mx

³ Docente. Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal, Avenida Insurgentes 330, Chetumal, Quintana Roo, México, 77013. <https://orcid.org/0009-0007-7010-9377>. gabriel.rc@chetumal.tecnm.mx

⁴ Docente. Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal, Avenida Insurgentes 330, Chetumal, Quintana Roo, México, 77013. <https://orcid.org/0009-0004-7646-9558>. laura.gu@chetumal.tecnm.mx

naturales (Guido, 2017). Hernández (2014) menciona que estos problemas pueden agravar las desigualdades sociales existentes.

El aumento acelerado de la población contribuye a la concentración de personas en zonas vulnerables a desastres naturales (Chávez, 2018). Las amenazas, tanto naturales como antropogénicas, representan un riesgo potencial en lugares específicos. La expansión urbana incrementa la exposición a estas amenazas al concentrar población en áreas propensas a desastres (Winfield, 2010). Una planificación urbana deficiente intensifica esta situación, creando zonas vulnerables en los epicentros de desarrollo, como las áreas urbanas (Guayaquil, 2019).

Los sitios costeros son particularmente sensibles debido a factores como la topografía, el nivel del mar, la erosión de las playas y elementos artificiales (Chávez, 2018). El aumento del nivel del mar, la exposición a eventos hidrometeorológicos, la erosión del suelo y las alteraciones del entorno natural provocadas por la construcción de infraestructuras son algunos de los factores que incrementan la fragilidad de estas áreas (Castillo et al., 2014). Estas zonas atraen a las poblaciones por diversas razones, incluyendo las facilidades que ofrecen para actividades como la pesca, la industria, el turismo y el transporte. Tal como mencionan Andrés y Barragán (2016), los litorales atraen a un gran número de personas debido a las actividades económicas de estos lugares. La forma en que las personas utilizan la tierra, para la agricultura, la construcción y la deforestación, han modificado significativamente los ecosistemas y los procesos naturales en estas áreas. Entre las principales vulnerabilidades se encuentran las físicas, ambientales y socioeconómicas (Silva et al., 2014).

México, debido a su ubicación geográfica entre dos océanos, se encuentra altamente expuesto a eventos climáticos (Camacho et al., 2019). El Caribe mexicano, en particular, es altamente vulnerable al cambio climático y sus efectos. De acuerdo con Guido (2017) y Silva et al. (2014) los fenómenos hidrometeorológicos representan una amenaza significativa para los asentamientos humanos costeros en todo el país, principalmente en los centros de población. Los factores naturales como antropogénicos incrementan la susceptibilidad de regiones como el Caribe (Islebe et al., 2009).

El municipio de Othón P. Blanco, en el estado de Quintana Roo, alberga la región de Costa Maya donde se ubica el poblado de Mahahual. Según el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población Mahahual 2021-2050, Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2021 (PDUCPM 2021-2050), Mahahual es una región altamente vulnerable a fenómenos naturales. La localidad presenta una alta vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos (Pavón y Osorio, 2023). Paralelamente, el auge del turismo y la inversión inmobiliaria en Mahahual están impulsando un rápido crecimiento que genera exclusión social y segregación espacial, afectando principalmente a la población originaria. Esta población ha sido desplazada de sus territorios tradicionales y enfrenta dificultades para acceder a servicios básicos y oportunidades de desarrollo (Castillo et al., 2015).

El poblado de Mahahual ha experimentado una transformación significativa, pasando de ser una comunidad pesquera a un importante centro turístico. Sin embargo, esta evolución ha estado marcada por desafíos. La estructura urbana original, caracterizada por trazos irregulares y accesibilidad limitada, se vio agravada tras el impacto del Huracán Dean en 2007 (Pavón y Osorio, 2023). Posteriormente, el crecimiento acelerado impulsado por el turismo y la inversión inmobiliaria ha intensificado esta fragmentación urbana, afectando negativamente su desarrollo. Según el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población Mahahual 2021-2050, Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2021 (PDUCPM 2021-2050), Mahahual presenta una fragmentación espacial en cuatro zonas principales: Mahahual Viejo, Mahahual Kilómetro 55, Fraccionamiento Casitas y Terminal Remota. Castillo et al. (2015) mencionan que fragmentación espacial impide un desarrollo urbano integral y equitativo, generando desigualdades sociales y limitando las oportunidades de desarrollo para la población local, especialmente para los grupos más vulnerables.

La especulación inmobiliaria es uno de los principales responsables de esta división de Mahahual, al concentrarse en determinadas zonas y priorizar la rentabilidad sobre la equidad, generan un lugar cada vez más desigual. Esta práctica fragmenta el diseño de las ciudades y asentamientos, abordándolas por partes independientes en lugar de como un todo (Guzmán y Hernández, 2013). Estas divisiones junto con otras características del territorio pueden aumentar la vulnerabilidad de una sociedad ante eventos físicos, lo que dificulta su respuesta y recuperación. En este sentido la vulnerabilidad se puede entender como aquellos puntos débiles que tiene una estructura (Rojas y Martínez, 2011).

Desde lo socio-territorial se refiere cuando un territorio y sus habitantes pierden la capacidad de enfrentar eventos tanto externos como internos (Ramírez, 2017). En este sentido, el desarrollo urbano desordenado de Mahahual, caracterizado

por una combinación de factores físicos, sociales, políticos y ambientales la posiciona como una región altamente vulnerable (Hernández, 2014).

Por lo anterior, el presente artículo se centra en un diagnóstico, analizando los efectos de la fragmentación urbana en Mahahual, Quintana Roo, y los principales factores de vulnerabilidad socio-territorial que esta genera en la zona de kilómetro 55, Fraccionamiento Casitas y Viejo Mahahual. Abordar este tema permite comprender las causas, patrones y consecuencias de este fenómeno de fragmentación en el contexto urbano de Mahahual. A partir de esto, se pueden identificar y visualizar las áreas y grupos poblacionales más afectados por este fenómeno, lo que a su vez permite analizar los impactos sociales, económicos y ambientales que este conlleva.

A pesar de la relevancia de la investigación en el contexto urbano de Mahahual, no ha sido objeto de un análisis sistemático con un enfoque urbanístico que analice la relación entre la fragmentación urbana y vulnerabilidad socio-territorial. La escasez de información bibliográfica sobre este fenómeno y sus consecuencias puede obstaculizar la toma de decisiones, la implementación de políticas públicas y el desarrollo de estrategias de planificación urbana adecuadas. Esta investigación diagnóstica busca aportar nuevos conocimientos a la literatura sobre estos temas, que facilite su comprensión para futuros investigadores y grupos gubernamentales.

El principal objetivo de este artículo es diagnosticar los efectos de la fragmentación urbana en la acentuación de la vulnerabilidad socio-territorial de Mahahual, Quintana Roo. Los objetivos específicos son: 1. Analizar la evolución de la estructura urbana de Mahahual, identificando patrones de crecimiento y fragmentación urbana. 2. Identificar y caracterizar los principales factores de vulnerabilidad socio-territorial, considerando dimensiones sociales y urbanos. 3. Analizar el impacto de la fragmentación urbana, en cada uno de los fragmentos urbanos de Mahahual a través de la vulnerabilidad socio-territorial.

Marco teórico

La fragmentación urbana sirve como parámetro de comparación entre las desigualdades socioeconómicas que se ven reflejados en el espacio urbano (Guzmán y Hernández, 2013). Surge como consecuencia de un crecimiento urbano desordenado y de una planificación urbana inadecuada (Garcés y Bartorila, 2021). Cada fragmento posee características propias, convirtiéndose en una pieza sin sentido dentro de un rompecabezas incompleto (Barberis, 2007). El tejido urbano quebrado se caracteriza por la falta de conectividad y la presencia de barreras físicas naturales y artificiales, ocasionando zonas de exclusión y vulnerabilidad (Camacho, 2017).

Según Pérez y Orejuela (2023) la fragmentación urbana es un fenómeno que afecta negativamente los ámbitos social, espacial y administrativo de las ciudades. Para Autores como Camacho (2017) y Szupiany (2018) este fenómeno obstaculiza la interacción entre distintos grupos sociales. Esta fragmentación debilita la cohesión social y reduce la capacidad de la comunidad para responder de manera efectiva ante desafíos comunes, como los eventos climáticos extremos. De acuerdo con Rojas y Martínez (2011), la exposición a estos eventos puede aumentar la vulnerabilidad de una sociedad, dificultando su recuperación. La vulnerabilidad se considera *“como una medida agregada del bienestar humano que integra la exposición ambiental, económica y social a un rango de posibles perturbaciones perjudiciales”* (Bohle et al. 1994, como se cita en Díaz y Maldonado, 2020, p.245). De igual manera se puede entender como las características que debilitan a un individuo o estructura (Rojas y Martínez, 2011).

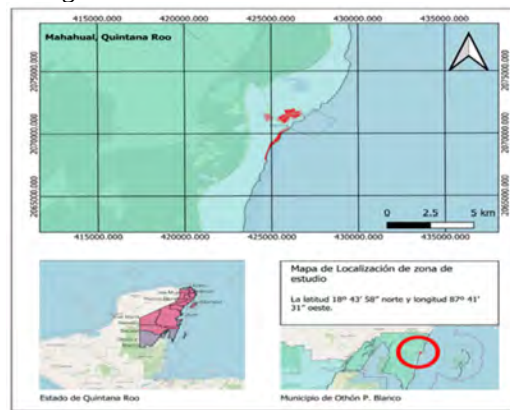
Desde lo socio-territorial se refiere a la incapacidad de hacer frente a eventos externos como internos (Ramírez, 2017). La vulnerabilidad de una zona urbanizada se entiende como la fragilidad que puede tener un grupo social ante una amenaza, que afecta su funcionamiento, los servicios y el bienestar de la sociedad. La desintegración espacial dentro del territorio generada por la especulación inmobiliaria aumenta la susceptibilidad, las zonas frágiles y dificulta la capacidad de resiliencia de las comunidades (Puente, 2018). También puede considerarse como un problema social más amplio que la pobreza o la exclusión, aunque estas condiciones aumentan la susceptibilidad de las personas (Díaz y Maldonado, 2020). Este concepto toma relevancia al afectar directamente las condiciones de vida de la población (Yáñez, 2018).

Materiales y métodos

Para analizar los efectos de la fragmentación urbana en la vulnerabilidad socio-territorial de Mahahual, se empleó un enfoque cuantitativo basado en técnicas de teledetección y fotointerpretación. Siguiendo los trabajos de Huang et al. 2018 y Marchant et al. (2023), quienes utilizaron plataformas como Google Earth Pro y QGIS. En la Figura 1 se muestra la evolución urbana de diferentes ciudades. Se delimita geográficamente el área de estudio y se analiza la

estructura urbana de Mahahual. Mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales en estas plataformas, se identificaron los patrones de crecimiento y fragmentación en las zonas de Mahahual Kilómetro 55, Fraccionamiento Casitas y Viejo Mahahual.

Figura 1: Localización del área de estudio.



Nota: Elaboración propia.

Paralelamente, se realizó una revisión documental para recopilar datos demográficos y de planificación urbana. Se consultaron fuentes como el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática 2020 (INEGI, 2020), el Sistema de Consulta de Información Censal 2020 (SCINCE, 2020), el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población Mahahual 2021-2050, Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2021 e investigaciones previas. Esta información fue crucial para caracterizar las condiciones socio-territoriales de las diferentes zonas y establecer una línea base para el análisis posterior.

Seguidamente, mediante un equipo de cómputo laptop, se digitalizó la estructura urbana propuesta en el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población Mahahual 2021-2050, Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2021 y se superpuso a las imágenes satelitales en el programa de Qgis 3.28.3. Mediante la comparación de imágenes de diferentes años se identificaron los cambios en la mancha urbana y se cuantificaron los procesos de fragmentación. Se seleccionaron los años 1995, 2005, 2007, 2010, 2020 y 2023 para el análisis, considerando la disponibilidad de datos que proporciona el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática 2020 (INEGI, 2020) y la relevancia de los cambios ocurridos en ese periodo, mediante la teledetección remota con el programa de Google Earth Pro.

La selección de las zonas de análisis (Mahahual Kilómetro 55, Fraccionamiento Casitas y Viejo Mahahual) se basó en su importancia para comprender los procesos de fragmentación y sus impactos en la población. Estas zonas fueron delimitadas considerando el PDUCPM 2021-2050 (ver Figura 2). Los patrones de fragmentación se identificaron mediante el análisis de barreras físicas, sociales y funcionales que limitan la conectividad y el acceso a servicios. Estos patrones se relacionaron con la literatura existente sobre fragmentación urbana y sus consecuencias para la calidad de vida de los habitantes.

Figura 2: Zonificación del área de estudio, Mahahual, Quintana Roo.



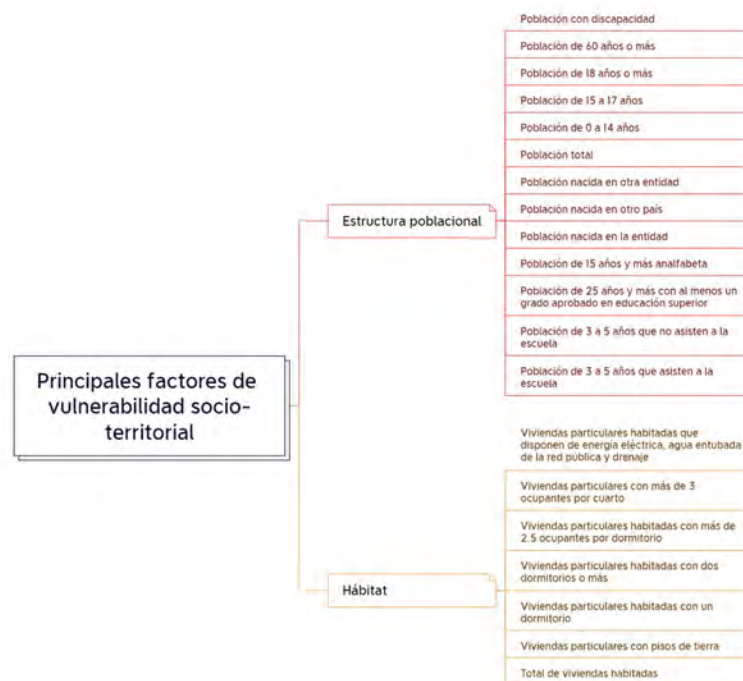
Nota: Elaboración propia, fotointerpretación a partir de imágenes del software Google Earth.

Mediante estas divisiones visibles existentes, se elaboraron mapas temáticos que permitieron visualizar la distribución espacial de servicios básicos, otros indicadores relevantes sociales y urbanos. Al cruzar estos mapas con los patrones de fragmentación identificados a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales, se estableció una clara relación entre la fragmentación y las desigualdades sociales en Mahahual, de tal manera esto se vuelve un criterio para identificar y seleccionar los indicadores, para analizar el comportamiento de la vulnerabilidad socio-territorial que contempla el segundo objetivo específico.

A partir de la identificación de divisiones espaciales y la elaboración de mapas temáticos, se visualizó la distribución desigual de servicios básicos y otros indicadores socio-territoriales en Mahahual. Al cruzar estos mapas con los patrones de fragmentación detectados a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales, se evidenció una clara relación entre la fragmentación urbana y las desigualdades sociales. Esta relación permitió seleccionar los indicadores más relevantes para analizar la vulnerabilidad socio-territorial, cumpliendo así con el segundo objetivo específico del estudio.

Con base en lo anterior, la selección de los indicadores de la vulnerabilidad socio-territorial de Mahahual se analizó en dos dimensiones clave: la estructura poblacional y el hábitat. La estructura poblacional está conformada por 13 indicadores: población con discapacidad, población de 60 años o más, población de 18 años o más, población de 15 a 17 años, población de 0 a 14 años, población total, población nacida en otra entidad, población nacida en otro país, población nacida en la entidad, población de 15 años o más analfabeta, población de 25 años y más con al menos un grado aprobado en educación superior, población de 3 a 5 años que no asisten a la escuela, población de 3 a 5 años que asisten a la escuela. El hábitat está conformado por 7 indicadores: viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje, viviendas particulares con más de 3 ocupantes por cuarto, viviendas particulares habitadas con más de 2.5 ocupantes por dormitorio, viviendas particulares habitadas con dos dormitorios o más, viviendas particulares habitadas con un dormitorio, viviendas particulares con pisos de tierra y total de viviendas habitadas (ver Figura 3).

Figura 3: Diagrama de los principales factores de vulnerabilidad socio-territorial.



Nota: Elaboración propia con información (Yáñez, 2018), (Pavón y Osorio, 2023). (Hernández, 2014) y el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población Mahahual 2021-2050, Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2021.

Los datos obtenidos del INEGI (2020) fueron procesados en Microsoft Excel y representados gráficamente en cada una de las tres zonas de estudio (Mahahual Kilómetro 55, Fraccionamiento Casitas y Viejo Mahahual). Estos gráficos permitieron visualizar los niveles de vulnerabilidad en cada dimensión y comparar el comportamiento de las diferentes zonas.

Al final, para cumplir con el último objetivo específico, se analiza el impacto de la fragmentación urbana, en cada fragmento de Mahahual a través de la vulnerabilidad socio-territorial. Mediante el cruce del análisis de los patrones de fragmentación urbana identificados previamente se pudo establecer una relación directa entre la fragmentación y la vulnerabilidad socio-territorial, este hecho se sustenta en la literatura existente. Al cruzar estos resultados del diagnóstico, se pudo establecer una relación directa entre la fragmentación y la vulnerabilidad socio-territorial. Entre los fragmentos se presentaron zonas con mayores niveles de vulnerabilidad en términos de condiciones de vivienda, acceso a servicios básicos y características sociodemográficas desfavorables.

Resultados

De acuerdo con la información obtenida del Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población Mahahual 2021-2050, Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2021, la región posee un clima subhúmedo, con lluvias en las temporadas de verano e invierno, la temperatura promedio anual es de 28.5°C, con una temperatura máxima de 35.3°C y una mínima de 14.2°C. En el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mahahual 2021-2050, se menciona que la precipitación pluvial está presente todo el año, con un promedio anual de 1,249 mm, mientras que los años más secos son en marzo y abril. Esta zona costera está influenciada por la presencia de ondas tropicales.

Mahahual cuenta con una estructura urbana que ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. Mientras que la organización se caracteriza por un crecimiento lineal y un trazo vial irregular (Pavón y Osorio, 2023). El acceso y salida del pueblo se realiza a través de una sola vialidad principal. El cambio más significativo en el espacio urbano de Mahahual fue posterior al huracán Dean en 2007, cuando el poblado pesquero se transformó en un atractivo turístico (Hernández, 2014). Esta transformación reestructuró la organización del pueblo haciendo más visibles las zonas que lo conforman, como Viejo Mahahual, Fraccionamiento Casitas y Mahahual Kilómetro 55.

Malbos (2020) destaca que Mahahual, con casi un siglo de existencia, comenzó como un poblado pesquero, en lo que hoy es la zona de Viejo Mahahual, que carecía de servicios básicos. La construcción del Puerto Maya en 1990 llevó a la creación de la zona del Fraccionamiento Casitas para albergar a los trabajadores del puerto. Con la llegada de cruceros se transformó el entorno urbano, atrayendo a nuevos pobladores en busca de oportunidades y un patrimonio propio. Algunos de estos pobladores se establecieron en lo que se conoce como Kilómetro 55. Según Hernández (2014), Pavón y Osorio (2023) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020), Mahahual registró una población de 125 habitantes en el año 1995, 392 habitantes en el año 2000, 822 habitantes en el año 2005, 920 habitantes en el año 2010 y 2636 habitantes en el año 2020. En casi 25 años, el crecimiento poblacional registrado en Mahahual de 1995 a 2020 pasó de 125 a 2,636 habitantes. Entre los años 1995-2005 no se aprecia un crecimiento urbano notorio en el área (ver Figura 4).

Figura 4: Evolución de la mancha urbana de Mahahual, Quintana Roo, de 1995 a 2005.

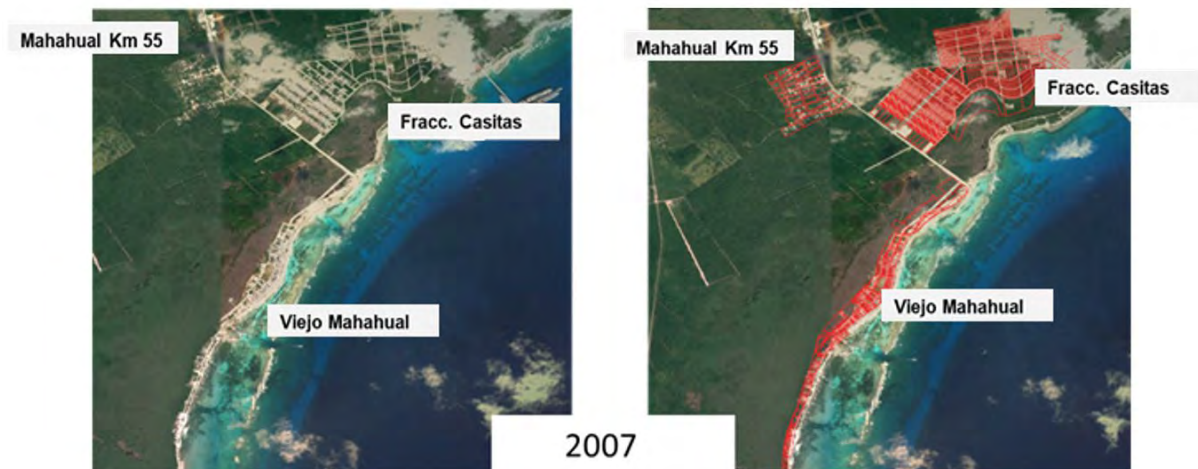


Nota: Elaboración propia, fotointerpretación a partir de imágenes del software Google Earth.

A partir del 2007 comienza a extenderse, marcándose la mancha urbana y la organización de las zonas que conforman el pueblo, siendo Mahahual Kilómetro 55, Fraccionamiento Casitas y Viejo Mahahual. En donde una división dentro de su estructura entre las zonas ya logra observarse. Cabe mencionar que, en ese mismo año, el huracán Dean impactó

con fuerza, tal como registro la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2007) en el resumen de la temporada de ciclones tropicales 2007 (ver Figura 5).

Figura 5: Evolución de la mancha urbana de Mahahual, Quintana Roo, 2007.



Nota: Elaboración propia, fotointerpretación a partir de imágenes del software Google Earth

El apogeo turístico de la región y la especulación inmobiliaria son responsables del crecimiento de Mahahual, como el número de la diferencia entre el número de pobladores entre los años de 1995 al 2020, tal análisis se realizó mediante la información obtenida de (INEGI) para generar una gráfica de crecimiento poblacional mediante Microsoft Excel, donde se observa como tuvo un incremento de 2511 habitantes registrados entre esos años (ver Figura 6).

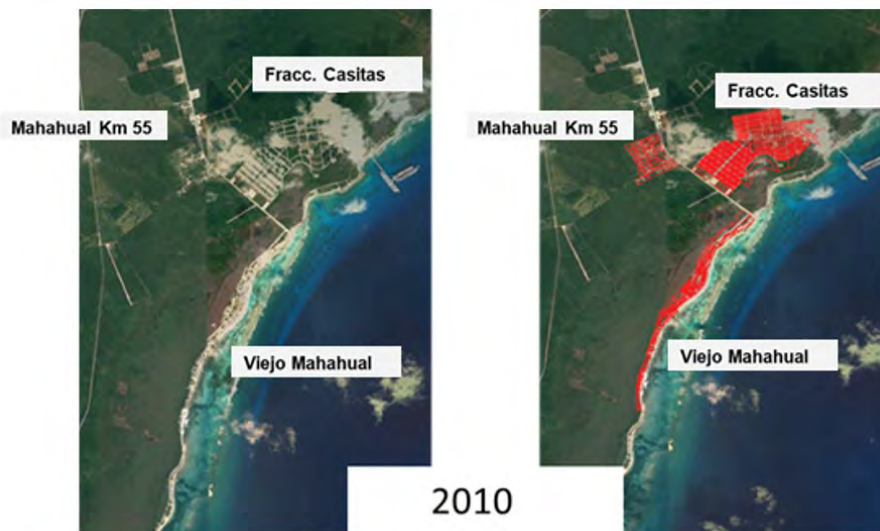
Como se presenta en las diferentes capturas del territorio de Mahahual, se aprecia tal crecimiento de su contexto construido. Este crecimiento, provoca una exclusión social y segregación espacial de los pobladores nativos, en su mayoría asentados en la zona irregular conocido como kilómetro 55. Estos han sido desplazados a áreas donde el acceso a servicios básicos y oportunidades de desarrollo es difícil (Castillo et al., 2015). Según el PDUCPM 2021-2050, en la zona donde se asienta la población de Mahahual Kilómetro 55 ha existido incertidumbre jurídica con respecto a la tenencia de la tierra. Esto, sumado a la falta de dotación suficiente de obras de infraestructura y equipamiento urbano para satisfacer la demanda de la población sigue siendo uno de los problemas que presenta la comunidad hasta la actualidad. A partir de 2010, Mahahual ya presentaba un crecimiento en sus diferentes zonas, contando con 920 habitantes registrados. En ese momento, las zonas con una estructura urbana más visible eran Fraccionamiento Casitas y viejo Mahahual. No obstante, Kilómetro 55 ya se encontraba en expansión (ver Figura 7).

Figura 6: Crecimiento poblacional de la mancha urbana de Mahahual, Quintana Roo.



Nota: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020 (INEGI, 2020), (Hernández, 2014) y (Pavón y Osorio, 2023).

Figura 7: Evolución de la mancha urbana de Mahahual, Quintana Roo, 2010.



Nota: Elaboración propia, fotointerpretación a partir de imágenes del software Google Earth.

En el 2020, con una población de 2,636 habitantes, se visualiza la fragmentación de la estructura territorial de Mahahual, de acuerdo con las características que siguen este fenómeno, forma divisiones dispersas, en numerosas porciones. Esta discontinuidad del espacio físico contribuye a la desorganización y desigualdad entre los fragmentos. En Mahahual se observa este fenómeno de separación entre zonas con poblaciones homogéneas, barreras naturales que se dan mediante la vegetación endémica, desniveles y cuerpos de agua, por otra parte, los elementos físicos como la vialidad principal con una dimensión aproximada de 14 metros, divide el entorno. En el caso del fraccionamiento casitas y viejo Mahahual los elementos artificiales como bardas perimetrales generan sus propios límites. El caso de kilómetro 55, se expande en zonas bajas, entre las áreas verdes, lo que puede afectar negativamente a este grupo social, al estar más expuesto a eventos hidrometeorológicos (ver Figura 8).

Las imágenes del año 2023 revelan un notable crecimiento espacial y expansión urbana sin criterios de planeación, especialmente en el Kilómetro 55, con respecto al número de habitantes y viviendas, a comparación del fraccionamiento casitas y viejo Mahahual. Sin embargo, este incremento puede representar un reto preocupante para la población y los planificadores urbanos. La segregación socio-espacial y desigualdad de oportunidades entre las tres zonas, pueden agravar las vulnerabilidades. Kilómetro 55 concentra la mayor parte del crecimiento urbano de Mahahual y alberga a una población significativa compuesta por nativos del poblado y trabajadores foráneos que buscan oportunidades. A pesar de que el PDUCPM 2021-2050 contempla la unificación de la estructura urbana de la ciudad, incluyendo las zonas divididas, la realidad actual presenta una profunda ruptura social y espacial (ver Figura 9).

Las divisiones territoriales pueden reflejar aspectos como la desigualdad socioespacial en Mahahual, convirtiéndose en un tema mencionado en diferentes estudios. Tal es el caso de Malbos (2020) que destaca el contraste entre el Fraccionamiento Casitas y Mahahual Kilómetro 55, que muestra las diferencias en el acceso a servicios básicos, oportunidades de desarrollo y mecanismos de protección civil. En Kilómetro 55, las viviendas son precarias, hechas de madera y láminas. La mayoría de los habitantes carecen de acceso a la electricidad y agua potable entubada. De la misma manera los residentes son trabajadores del sector terciario que viven en condiciones de vulnerabilidad. Por otro lado, el Fraccionamiento Casitas presenta calles pavimentadas, viviendas de concreto con acceso a internet y aire acondicionado, lo que refleja un nivel socioeconómico más alto. Los residentes de este lugar son principalmente dueños de infraestructura turística, profesionales y extranjeros. Esta profunda división espacial refleja las diferencias en el acceso a servicios básicos u oportunidades, lo que aumenta la fragilidad de la población en el Kilómetro 55 (ver Figura 10).

Figura 8: Análisis de la fragmentación urbana en Mahahual Quintana Roo.



Nota: Elaboración propia, fotointerpretación a partir de imágenes del software Google Earth.

Figura 9: Comparación del Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mahahual 2021-2050, con la evolución y fragmentación de la mancha urbana de Mahahual, Quintana Roo, 2023.



Nota: Elaboración propia, imagen elaborada con apoyo del archivo CAD y fotointerpretación a partir de imágenes del Google Earth.

Figura 10. Condiciones de diferentes zonas de Mahahual, Quintana Roo.



Nota: Fotointerpretación a partir de imágenes del software Google Earth.

Tomando en cuenta los estudios previos en esta zona, se puede tener una base sobre la susceptibilidad de la población ante una contingencia. Tal fue el caso con el COVID-19, que provocó problemas a diferentes escalas en Othón P. Blanco, Quintana Roo. Esta crisis sanitaria expuso las debilidades de las comunidades, independientemente de su condición social, humana, cultural, demográfica o territorial. El poblado de Mahahual estuvo completamente frágil ante la pandemia (Pavón y Osorio, 2023). La fragilidad de una comunidad puede derivarse de una incapacidad de poder hacer frente a eventos imprevistos (Ramírez, 2017).

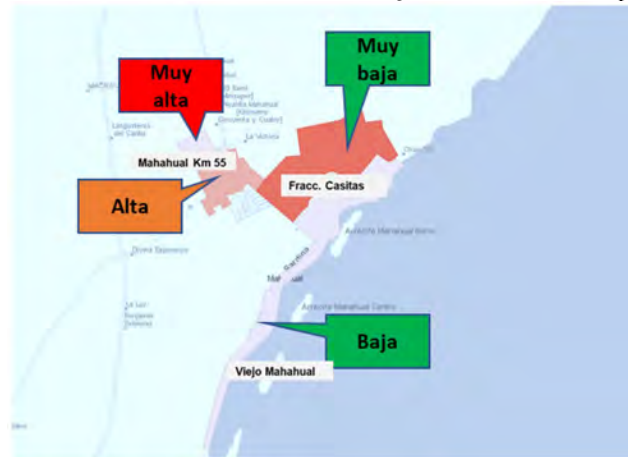
Para contextualizar la vulnerabilidad de Mahahual, se retoma como base la investigación de Pavón y Osorio (2023), donde hablan sobre la aproximación a la vulnerabilidad socio-territorial de Othón P. Blanco, Quintana Roo en tiempos de COVID-19, estudio de caso sobre turismo, donde analizan las características que conducen a una mayor o menor resiliencia, empleando información geoestadísticos.

Por medio de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022) y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2020), Pavón y Osorio (2023) lograron identificar la vulnerabilidad socio-territorial frente al COVID-19 con respecto al turismo en el poblado de Mahahual, Quintana Roo. Estos datos revelan la vulnerabilidad urbana de Mahahual ante esta problemática a nivel de Área Geográfica Básica (AGEB), dividida en cuatro niveles (ver Figura 11):

- Muy alta: Asentamiento periférico de la zona de Kilómetro 55, con deficiencias en ubicación, servicios, vivienda y factores socioeconómicos.
- Alta: Zona de Kilómetro 55, con la mayor concentración de población y un alto porcentaje de personas sin actividad económica.
- Baja: Zona de Mahahual Viejo, donde se encuentra el corredor turístico y se concentran servicios como restaurantes, hoteles y otros.

- Muy baja: Fraccionamiento Casitas, con mejores condiciones de infraestructura, servicios y aspectos socioeconómicos para la mayoría de su población.

Figura 11: Vulnerabilidad las diferentes zonas que conforman Mahahual, Quintana Roo. Aproximación a la vulnerabilidad socio-territorial de Othón P. Blanco, Quintana Roo en tiempos de COVID-19.



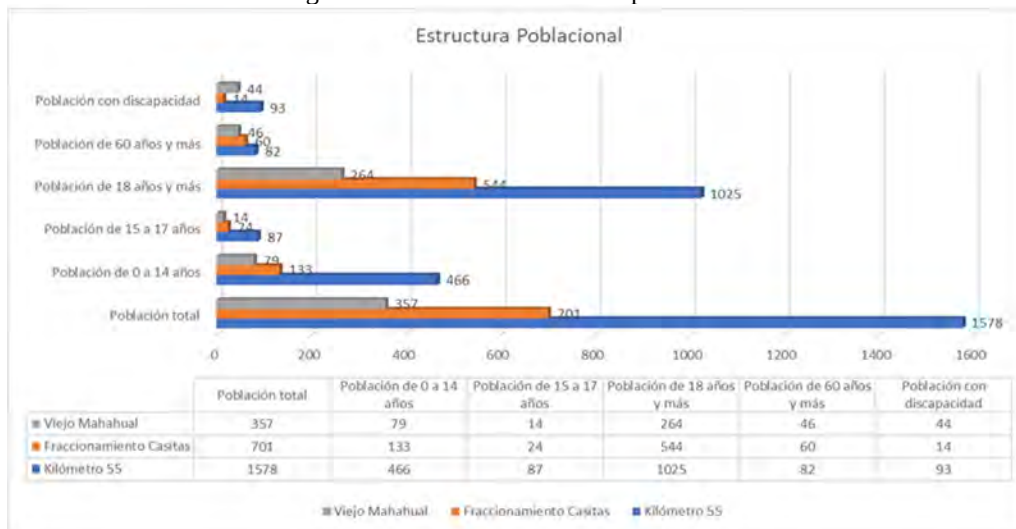
Nota: elaboración propia utilizando datos de (Hernández, 2014) y (Pavón y Osorio, 2023).

A continuación, se presenta el análisis de algunos de los factores de vulnerabilidad para comparar los efectos que la fragmentación urbana tiene en las diferentes zonas que conforman Mahahual. Los datos estadísticos empleados fueron consultados en el Sistema de Consulta de Información Censal 2020. Entre las dimensiones de análisis se contempla la estructura poblacional, que se refiere al tipo de población que posee cada zona. Se utilizaron trece indicadores para analizar la estructura poblacional y siete indicadores para analizar el hábitat, que se refiere a las condiciones físicas de la vivienda y el acceso a servicios básicos. Este primer apartado, se centra en los primeros seis indicadores que conforman la vulnerabilidad socio-territorial. Se examinan aspectos como el número total de habitantes, la distribución por rangos de edad y la presencia de personas con discapacidad en cada zona.

Kilómetro 55: Posee la mayor concentración poblacional con 1.578 habitantes. Fraccionamiento Casitas: Presenta la segunda mayor concentración, con 701 habitantes. Viejo Mahahual: Cuenta con la menor cantidad de habitantes, 357 en total. Estructura poblacional por rangos de edad, población entre 0 y 14 años: Kilómetro 55 concentra 466 habitantes, Fraccionamiento Casitas 133 y Viejo Mahahual 79. Población entre 18 y más años: Kilómetro 55 alberga 1.025 habitantes, Fraccionamiento Casitas 544 y Viejo Mahahual 264. Población de 60 años y más: Kilómetro 55 tiene 82 habitantes, Fraccionamiento Casitas 60 y Viejo Mahahual 46. Personas con discapacidad Kilómetro 55: 93 personas. Fraccionamiento Casitas: 14 personas. Viejo Mahahual: 44 personas (ver Figura 12).

El análisis de los seis primeros indicadores de la estructura poblacional en Mahahual revela una marcada concentración de habitantes en Kilómetro 55, seguido de Fraccionamiento Casitas y Viejo Mahahual. Esta distribución se refleja en la densidad poblacional de cada zona, siendo Kilómetro 55 la más densa y Viejo Mahahual la menos densa. En cuanto a la distribución por edad, Kilómetro 55 concentra la mayor cantidad de población en todos los rangos etarios: 0 a 14 años, 18 años y más y 60 años y más. Fraccionamiento Casitas presenta la segunda mayor concentración de población joven, adulta y de la tercera edad, mientras que Viejo Mahahual tiene la población más pequeña en todos los grupos etarios. La presencia de personas con discapacidad también varía entre las zonas. Kilómetro 55 concentra el mayor número de personas con discapacidad, seguido de Viejo Mahahual y Fraccionamiento Casitas. Estas disparidades en la distribución por edad y discapacidad sugieren que la vulnerabilidad socio-territorial en Mahahual podría estar relacionada con la concentración de población joven y adulta en zonas con alta densidad poblacional, así como con la presencia de personas con discapacidad que podrían requerir necesidades específicas de atención y accesibilidad. Es necesario realizar estudios más profundos que consideren otros indicadores sociales, económicos y ambientales para comprender en detalle las necesidades de cada zona y diseñar políticas públicas y estrategias de intervención focalizadas en la reducción de las brechas sociales y la promoción del desarrollo humano sostenible en Mahahual.

Figura 12: Gráfica de estructura poblacional.



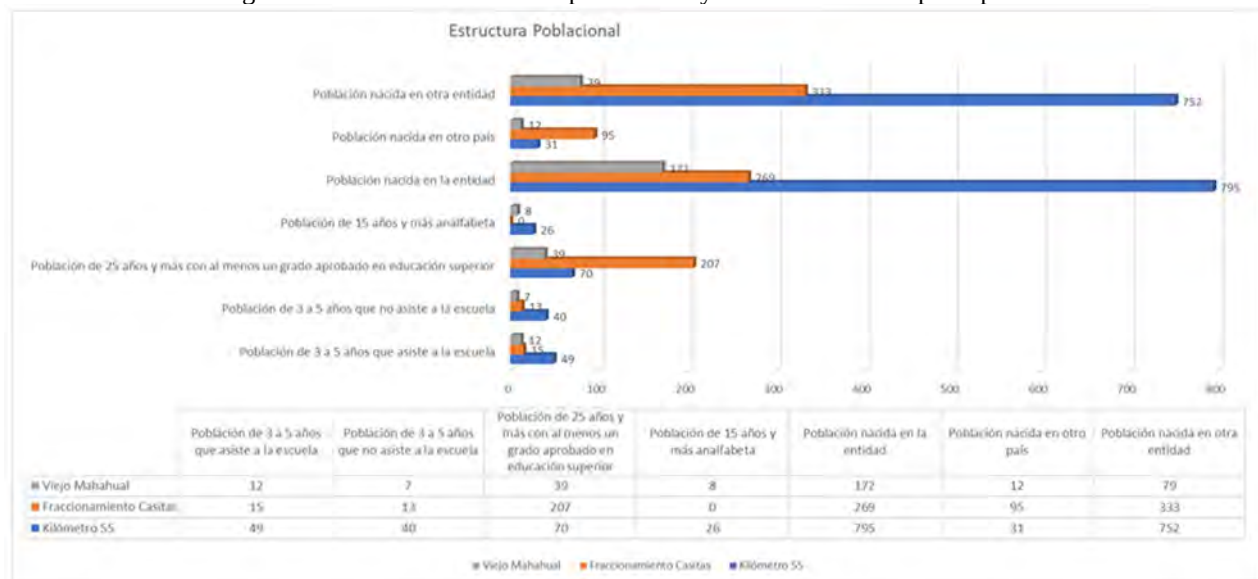
Nota: Elaboración propia con datos del Sistema de Consulta de Información Censal 2020.

A continuación, se retoma la segunda parte de los siguientes siete indicadores de la estructura poblacional en Mahahual que contemplan:

- Población de 3 a 5 años que asiste a la escuela
- Población de 3 a 5 años que no asiste a la escuela
- Población con 25 años y más con al menos un grado aprobado en educación superior
- Población de 15 años y más analfabetas
- Población nacida en la entidad
- Población nacida en otro país
- Población nacida en otra entidad

La Población de 3 a 5 años que asiste a la escuela: Kilómetro 55 (49 infantes), Fraccionamiento Casitas (15 infantes) y Viejo Mahahual (12 infantes). Población de 3 a 5 años que no asiste a la escuela: Kilómetro 55 (40 infantes), Fraccionamiento Casitas (13 infantes) y Viejo Mahahual (7 infantes). Población con 25 años y más con al menos un grado aprobado en educación superior: Kilómetro 55 (70 personas), Fraccionamiento Casitas (207 personas) y Viejo Mahahual (39 personas). Población de 15 años y más analfabetas: Kilómetro 55 (26 personas), Fraccionamiento Casitas (0 personas) y Viejo Mahahual (8 personas). Población nacida en la entidad: Kilómetro 55 (795 personas), Fraccionamiento Casitas (269 personas) y Viejo Mahahual (172 personas). Población nacida en otro país: Kilómetro 55 (31 personas), Fraccionamiento Casitas (95 personas) y Viejo Mahahual (12 personas). Población nacida en otra entidad: Kilómetro 55 (752 personas), Fraccionamiento Casitas (333 personas) y Viejo Mahahual (79 personas) (ver Figura 13).

Figura 13: Gráfica de estructura poblacional y sus características principales.



Nota: Elaboración propia con datos del Sistema de Consulta de Información Censal 2020.

En estas gráficas se revela una dinámica social y territorial compleja. Kilómetro 55 concentra una población con procedencia diversa, principalmente de la entidad y presenta un equilibrio entre menores que asisten y no asisten a la escuela. A pesar de ocupar el segundo lugar en personas con educación superior, también alberga el mayor número de analfabetos. Fraccionamiento Casitas, por su parte, se caracteriza por la mayor cantidad de personas procedentes de otra entidad, pero también ocupa un lugar significativo en cuanto a población nacida en la entidad y con educación superior. Viejo Mahahual, en contraste, presenta una correlación entre el índice de población nacida en la entidad y el número total de habitantes, ubicándose en el último lugar en cuanto a personas con educación superior. Estas disparidades en la educación y el origen de la población sugieren que la vulnerabilidad socio-territorial en Mahahual no solo se relaciona con las condiciones de vivienda y acceso a servicios básicos, sino también con factores como la escolarización, el analfabetismo y la diversidad cultural. Es necesario realizar estudios más profundos que consideren otros indicadores sociales, económicos y ambientales para comprender en detalle las necesidades de cada zona y diseñar políticas públicas y estrategias de intervención focalizadas en la reducción de las brechas sociales y la promoción del desarrollo humano sostenible en Mahahual.

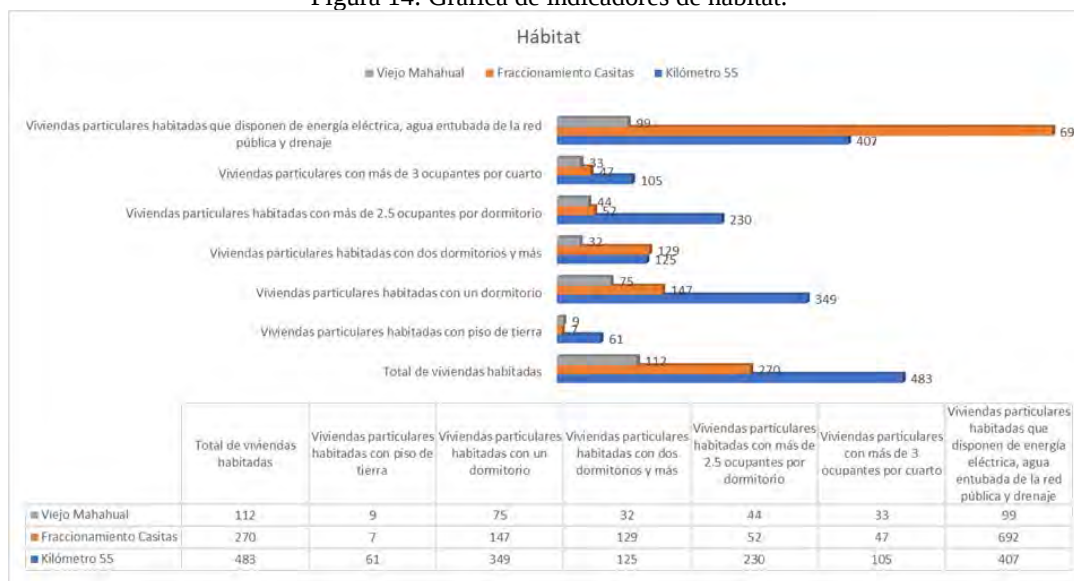
En este tercer apartado, se analizan los siete indicadores de la dimensión del hábitat en Mahahual, con el objetivo de comprender su relación con la vulnerabilidad socio-territorial. Se examinan aspectos como el número de viviendas habitadas, las condiciones de habitabilidad y el acceso a servicios básicos en cada zona.

Total, de viviendas habitadas: Kilómetro 55 (483 viviendas), Fraccionamiento Casitas (270 viviendas) y Viejo Mahahual (61 viviendas). Viviendas con piso de tierra: Kilómetro 55 (61 viviendas), Fraccionamiento Casitas (7 viviendas) y Viejo Mahahual (9 viviendas). Viviendas con un dormitorio: Kilómetro 55 (349 viviendas), Fraccionamiento Casitas (147 viviendas) y Viejo Mahahual (75 viviendas). Viviendas con dos o más dormitorios: Kilómetro 55 (125 viviendas), Fraccionamiento Casitas (129 viviendas) y Viejo Mahahual (32 viviendas). Viviendas con más de 2.5 ocupantes por dormitorio: Kilómetro 55 (230 ocupantes), Fraccionamiento Casitas (52 ocupantes) y Viejo Mahahual (44 ocupantes). Viviendas con más de 3 ocupantes por cuarto: Kilómetro 55 (105 ocupantes), Fraccionamiento Casitas (47 ocupantes) y Viejo Mahahual (33 ocupantes). Viviendas con acceso a energía eléctrica, agua entubada y drenaje: Kilómetro 55 (407 viviendas), Fraccionamiento Casitas (269 viviendas) y Viejo Mahahual (99 viviendas) (ver Figura14).

Kilómetro 55 se destaca por concentrar la mayor cantidad de viviendas habitadas. Sin embargo, también presenta la mayor proporción de hogares con pisos de tierra y el promedio más alto de ocupantes por habitación. En cuanto al acceso a servicios básicos, Kilómetro 55 ocupa el segundo lugar entre las tres zonas. Por otro lado, el Fraccionamiento Casitas presenta viviendas más espaciales y mejor equipadas, con un mayor número de dormitorios y un mejor acceso a los servicios básicos. Viejo Mahahual, al ser la zona que alberga el sector turístico frente a la costa, cuenta con una

mayoría de viviendas bien equipadas y con más dormitorios, similar al Fraccionamiento Casitas. Su menor clasificación en términos de viviendas ocupadas y servicios básicos se debe a su población más pequeña en comparación con las otras zonas.

Figura 14: Gráfica de indicadores de hábitat.

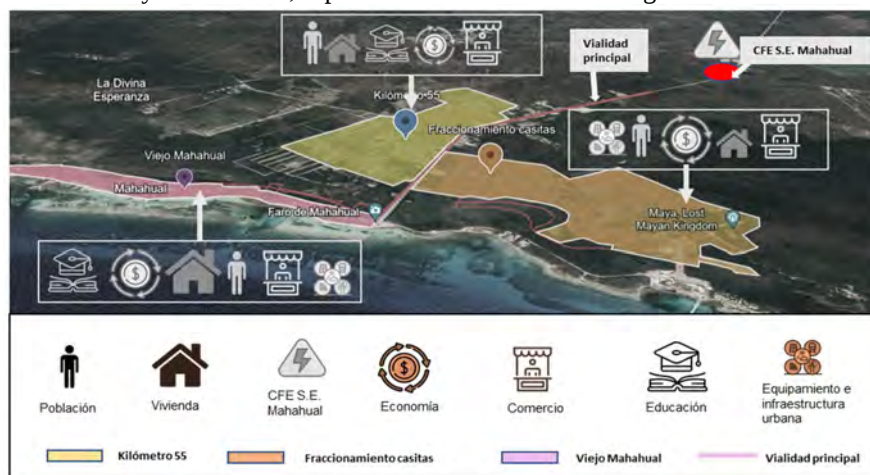


Nota: Elaboración propia con datos del Sistema de Consulta de Información Censal 2020.

Finalmente, tras el análisis de los datos estadísticos de índices de vulnerabilidad socio-territorial, se compara los efectos de la fragmentación urbana entre las tres zonas que conforman Mahahual. Donde hay una mayor concentración poblacional en Kilómetro 55, junto a la presencia de un número significativo de personas con discapacidad, sugiere que esta zona podría presentar mayores niveles de vulnerabilidad socio-territorial. La alta densidad poblacional puede generar hacinamiento, condiciones precarias de habitabilidad y dificultades en el acceso a servicios básicos. Ante la posibilidad de sufrir los efectos de fenómenos hidrometeorológicos en la región. La susceptibilidad de la población aumenta a través de la ocupación de terrenos inestables, irregulares, con vialidades precarias, equipamiento e infraestructura insuficientes. Sin embargo, esta fragmentación puede generar una exclusión de ciertas zonas, lo que contribuye a la vulnerabilidad socio-territorial ante las amenazas a las que está expuesta la zona. La división entre las partes de Mahahual, se genera por elementos físicos y naturales, desde su vialidad principal que divide las tres zonas que conforman el asentamiento, y se delimita por barreras artificiales y naturales. Esto podría afectar la calidad de vida, el desarrollo equitativo y sostenible (ver Figura 15).

La fragmentación urbana en Mahahual, caracterizada por la división en tres zonas aisladas, presenta serias dificultades para el acceso a servicios básicos como agua potable, saneamiento, energía eléctrica especialmente en las zonas más marginadas. La combinación de un alto número de habitantes, la ubicación geográfica y la tenencia irregular de la tierra, sumado a la falta de capacidad de estos servicios básicos, aumenta el riesgo de empeorar las condiciones de vida y limitar las oportunidades de desarrollo de la población. Las desigualdades del entorno urbano fragmentado de Mahahual se convierten en un acceso desigual a la infraestructura urbana y a los espacios públicos. Esta homogeneidad variada del tejido social, junto a la falta de participación ciudadana, dificulta la implementación de soluciones colectivas a los problemas de la comunidad.

Figura 14: Análisis y distribución, espacial del contexto urbano fragmentado de Mahahual Quintana Roo.



Nota: Elaboración propia, fotointerpretación a partir de imágenes del software Google Earth.

Discusión

El diagnóstico realizado en Mahahual, Quintana Roo, ha evidenciado una clara fragmentación urbana, caracterizada por una división del territorio en zonas con marcadas diferencias socioeconómicas y una desorganización espacial. Esta situación, resultado de una expansión urbana descontrolada y de factores físicos y sociales, puede estar generando impactos negativos en la calidad de vida de los habitantes en las zonas más vulnerables del pueblo. Guzmán y Hernández (2013) nos brindan un marco conceptual para comprender esta fragmentación al relacionarla con las desigualdades sociales presentes en las ciudades, pueblos o comunidades. A su vez, Camacho (2017) y Szupiany (2018) destacan cómo esta fragmentación crea barreras que dificultan la conexión entre los diferentes sectores de la población, generando una organización urbana casi ineficiente y desigual. La falta de planificación urbana ha dado lugar a zonas aisladas, limitando la interacción social y dificultando la construcción de una identidad combinada, tal como lo describen Alvarado et al. (2008) y Santana et al. (2016). Estos núcleos de riqueza contrastando con áreas de pobreza, son una característica común de la división urbana según Jirón y Mansilla (2014), son evidentes en Mahahual.

La fragmentación urbana, sumada a la ubicación geográfica y espacial de Mahahual, lo convierte en un territorio altamente vulnerable ante riesgos y amenazas. Cardozo y Vieira (2019) enmarcan esta vulnerabilidad en un contexto donde las condiciones del entorno y las características de los individuos interactúan. Ramírez (2017) señala que la pobreza es un indicador clave que limita la capacidad de las personas para hacer frente a eventos adversos. Autores como Ramírez (2017) y Guillermo y Escamilla (2023) coinciden que la vulnerabilidad socio-territorial es la relación entre el desarrollo de un asentamiento y las condiciones de fragilidad y carencias sociales que limitan su capacidad para resistir los riesgos y amenazas del contexto. De tal manera coincide con lo que menciona Yañez (2018), sobre las debilidades antes eventos tanto internos y externos dentro de un asentamiento humano.

La vulnerabilidad socio-territorial en Mahahual es un fenómeno complejo que va más allá de la pobreza y la exclusión, como describe Díaz y Maldonado (2020) sobre este concepto. Esta vulnerabilidad se manifiesta en la dificultad para acceder a servicios básicos, la limitación de oportunidades de desarrollo, la exposición a riesgos y la debilitación del tejido social. Estas consecuencias se ven empeoradas por la desigualdad social, que se muestra en una distribución desigual de servicios básicos e infraestructura, y en la presencia de zonas con mayores niveles de vulnerabilidad, coincidiendo con las afirmaciones de Prieto (2008) sobre la relación entre fragmentación y desigualdad social.

La marcada desigualdad socioeconómica en Mahahual intensifica el riesgo de pérdidas materiales y humanas en las zonas más vulnerables. Lavell (2001) define el riesgo como la posibilidad de sufrir pérdidas y daños en un futuro incierto y Rojas y Martínez (2011) lo enfocan en el ámbito urbano, considerándolo como la posibilidad de que un peligro específico ocurra en un espacio determinado. Sin embargo, Espinet et al. (2019) proponen que la fragilidad también puede representar una oportunidad para fortalecer y mejorar las debilidades. En el caso de Mahahual, identificar esta problemática puede representar una oportunidad de elaborar estrategias para su mitigación. Diversos acontecimientos, como el turismo y la especulación inmobiliaria, han impulsado el crecimiento urbano desordenado

en Mahahual, generando una segregación socioespacial de la comunidad originaria, tal como lo señalan Castillo et al. (2015) y Moreno y Hernández (2019).

El análisis de la estructura urbana de Mahahual revela una estrecha relación entre la fragmentación urbana y la vulnerabilidad socio-territorial. Esta situación coincide con los resultados de Pavón y Osorio (2023) y Hernández (2014), quienes identificaron a Mahahual como una zona con alta vulnerabilidad, donde varía en diferentes áreas del pueblo, en la que es visible. Los resultados obtenidos en este estudio corroboran estas afirmaciones y resaltan la importancia de considerar la fragmentación urbana como un factor clave en la evaluación o análisis a profundidad de la vulnerabilidad socio-territorial.

Conclusiones

Como pueblo costero, Mahahual atrae inmigración que acelera el crecimiento poblacional, lo que puede generar un crecimiento desorganizado y desequilibrado que contribuye a que se mantenga dividida espacialmente. De igual forma demanda infraestructura, bienes y servicios. Ya que la capacidad de infraestructura y servicios puede no ser suficiente para satisfacer las necesidades de la población tal es el ejemplo de vivienda, lo que puede llevar a la ocupación de áreas naturales no aptas para edificaciones, siendo propensos a riesgos naturales o humanos.

La distribución de Mahahual ha sido irregular desde sus inicios, con vialidades secundarias sin un orden claro. El crecimiento acelerado posterior al huracán Dean en 2007 ha originado una desorganización más visible. Las zonas que conforman Mahahual son kilómetro 55, fraccionamiento Casitas y viejo Mahahual, cada una con comportamientos socio-territoriales muy contrastantes. Esto demuestra que la fragmentación urbana, influye en los estratos sociales reflejados en los diferentes niveles de fragilidad. La exclusividad de bienes y servicios es otro tema importante. La especulación inmobiliaria puede generar segregación social al crear áreas exclusivas y aisladas para los sectores con mayor poder adquisitivo, mientras que los sectores con menor poder adquisitivo se ven obligados a vivir en áreas más marginales o con menos servicios.

Un aspecto preocupante es la falta de certeza jurídica de los terrenos en kilómetro 55, zona que concentra la mayor población de Mahahual. Esto puede dificultar el acceso a servicios básicos para gran parte de la población, afectando la calidad de vida y el desarrollo sostenible para todo el territorio.

Tras la recopilación de información y el análisis, el trabajo concluye al confirmar que la fragmentación urbana tiene un impacto significativo en la vulnerabilidad socio-territorial, manifestándose de manera variable en cada zona de Mahahual.

Es fundamental continuar investigando y profundizando en este tema, ya que permitiría visualizar otros escenarios dignos de estudio para esta zona y, eventualmente, aplicarlos a otros contextos costeros similares.

Referencias bibliográficas

- Andrés, M.; Barragán, J. (2016): Desarrollo Urbano en el Litoral a Escala Mundial. Método de Estudio para su Cuantificación. *Revista de Estudios Andaluces*, vol. 33 (1), (pp. 64-83). https://institucional.us.es/revistas/andaluces/33/ART4_DE%20ANDR%C3%89S.pdf
- Alvarado Rosas, Concepción, Vieyra Medrano, Antonio, & Hernández Lozano, Josefina. (2008). Diferenciación socio-residencial en el Área Urbana de la Ciudad de Cuernavaca, Morelos. *Investigaciones geográficas*, (66), (pp. 135-152). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112008000200009
- Barberis, W. (2007). Más allá de la fragmentación urbana. Identificación y mediación de los efectos de la fragmentación en área urbanizadas. *VII Jornadas de Sociología. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires*, (pp. 1-17). <https://doi.org/https://www.aacademica.org/000-106/244>
- Camacho Cardona, M., (2017). Regeneración de la fragmentación de la forma urbana. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, (21). <https://www.redalyc.org/journal/4779/477948279042/477948279042.pdf>
- Camacho Sanabria, J. M., Chávez Alvarado, R., y Velázquez Torres, D. (2019). Propuesta metodológica para medir la resiliencia urbana ante huracanes e inundaciones en el caribe mexicano. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)*, (pp. 28-43). <https://www.revistareder.com/ojs/index.php/reder/article/view/30>
- Cardozo, C., y Vieira, A. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad social a los peligros naturales en nova friburgo, región montaña de rio de janeiro, BRASIL. *Revista de estudios Latinoamericanos sobre la Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 3(2), (pp. 71-83). <https://doi.org/10.55467/reder.v3i2.33>

- Castillo, L. Gonzáles, M. Campos, B. Velázquez, D., (2014). Modelo de indicadores para la evaluación y monitoreo del desarrollo sustentable en la zona costera de Mahahual, Quintana Roo, México. *Perspectiva Geografica*, (pp. 309-330).
https://www.researchgate.net/publication/291164843_Modelo_de_indicadores_para_la_evaluacion_y_monitoreo_del_desarrollo_sustentable_en_la_zona_costera_de_Mahahual_Quintana_Roo_Mexico
- Castillo Villanueva, L., Velázquez Torres, D., y Hernández, L. (2015). Turismo y exclusión social en Mahahual, Quintana Roo. *ResearchGate*, 1(1), (pp. 1-21).
https://www.researchgate.net/publication/371868748_Turismo_y_exclusion_social_en_Mahahual_Quintana_Roo
- Chávez Alvarado, R. (2018). Gestión del riesgo de desastre en el caribe mexicano. El caso de estudio Chetumal, Quintana Roo. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 2, (pp. 46-60). <https://doi.org/10.55467/reder.v2i2.17>
- Comisión Nacional del Agua, Hernández, Unzón, A. (2007). Reseña del Huracán Dean del océano Atlántico. *SEMARNAT*, Pp (pp. 1-12).
<https://doi.org/https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2007-Dean.pdf>
- Díaz, M. G., y Maldonado, G. I. (2020). Abordaje metodológico de la vulnerabilidad socio-territorial: estudio comparativo entre las localidades de Alpa Corral y Bengolea, sur de la provincia de Córdoba. *cardinalis*, 14, (pp. 242-266). <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cardi/index>
- Espinet Vázquez, S. F., Sánchez Gutiérrez, M. E., y De la Yncera Hernández, N. D. (2019). Vulnerabilidad de ciudades costeras del Caribe y los planes de contingencia para la resiliencia social. *Academia Journals* 2019, (pp. 439-447).
https://www.researchgate.net/publication/346450347_Vulnerabilidad_de_ciudades_costeras_del_Caribe_y_los_planes_de_contingencia_para_la_resiliencia_social
- Garcés Carrillo, Judith del Carmen, & Bartorila, Miguel Ángel. (2021). Incidencias monocéntrica y policéntrica del urbanismo residencial en la fragmentación de Tampico, México (1960-2015). *Economía, sociedad y territorio*, 21(66), (pp. 441-472). Epub 04 de octubre de 2021. <https://doi.org/10.22136/est20211640>
- Guido Aldana, P. A. (2017). Cambio Climático: selección, clasificación y diseño de medidas de adaptación. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*. <https://www.iagua.es/noticias/imta/libro-cambio-climatico-seleccion-clasificacion-y-diseno-medidas-adaptacion-0>
- Guillermo Aguilar, A., y Escamilla Herrera, I. (2023). Vulnerabilidad socioterritorial en zonas metropolitanas de la Región Centro. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía*, 2023. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14350/gsxxi.li.35>
- Guzmán-Ramírez, Alejandro; Hernández-Sainz, Kitziah Marcela. La fragmentación urbana y la segregación social. Una aproximación conceptual. *Legado de Arquitectura y Diseño*, [S.l.], v. 8, n. 14, (pp. 41-56), jul. 2013. ISSN 2448-749X. Disponible en: <https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/14232>
- Hernández Aguilar M.L. (2014), Evaluación del riesgo y vulnerabilidad ante la amenaza de huracanes en zonas costeras del Caribe Mexicano: Chetumal y Mahahual (*Tesis doctoral, Universidad de Quintana Roo división de ciencias e ingeniería*). <http://risisbi.uqroo.mx/handle/20.500.12249/98>
- Huang, C., Yang, J., y Jiang, P. (2018). Evaluación de los impactos de la forma urbana en el paisaje Estructura de los espacios verdes urbanos en China utilizando Imágenes Landsat basadas en el motor Google Earth. *MDPI*, 10, (pp. 1-14). <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/10/1569>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática 2020 (INEGI, 2020), <https://www.inegi.org.mx/default.html>
- Islebe, G. A., Torrescano Valle, N., Valdez Hernández, M., Tuz Novelo, M., y Weissenberger, H. (2009). Efectos del impacto del huracán Dean en la vegetación del sureste de quintana roo, México. *foresta veracruzana*, 11(1), (pp. 1-6). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49711999001>
- Jácome Guayaquil, M. (2019). Planificación urbana y resiliencia socio-ecológica en un contexto territorial con riesgos de amenazas naturales. El caso del Cantón Manta, Ecuador. *DDD.UAB*, (pp. 1-61). <https://ddd.uab.cat/record/232641>
- Jirón, Paola, & Mansilla, Pablo. (2014). Las consecuencias del urbanismo fragmentador en la vida cotidiana de habitantes de la ciudad de Santiago de Chile. *EURE* (Santiago), 40(121), (pp. 5-28). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612014000300001&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Lavell, A. Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una Definición [*versión electrónica*]. (2001). <https://desastres.unanleon.edu.ni/pdf/2004/mayo/PDF/SPA/DOC15036/doc15036-contenido.pdf>
- Malbos, C. (diciembre de 2020). *OpenEdition Journals*. Études Caribéennes: <https://journals.openedition.org/etudescaribeenenes/19773>

- Marchant, C., Riesco, M., y Hernández, Y. M. (2023). Eriurbano valdiviano. Efectos del periurbano valdiviano. Efectos del urbanismo neoliberal en una ciudad intermedia del sur de Chile. *EURE*, 147, (pp. 1-25). <http://dx.doi.org/10.7764/eure.49.147.09>
- Moreno Galván, F. de J., & Hernández Diego, C. (2019). La segregación socio-espacial en dos ciudades turísticas costeras: Acapulco y Cancún. *Revista NODO*, 13(25), (pp. 8-24). <https://doi.org/10.54104/nodo.v13n25.157>
- Pavón Ramírez, D., y Osorio García, M. (2023). Aproximación a la vulnerabilidad socioterritorial de Othón P. Blanco, Quintana Roo en tiempos de COVID-19. *Estudio de caso sobre turismo. Región y sociedad*, (pp. 1-27). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252023000100114
- Pérez Peñuelas, B. (2021). Problemática en la delimitación de fragmentación urbana por compartir procesos con otros impactos urbanos. *Revista Ciudades, Estados y Política*, 8(2), (pp. 143-160). https://doi.org/http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2462-91032021000200143
- Prieto, M. (2008). Fragmentación Socio-Territorial y Calidad de Vida urbana en Bahía Blanca. *Geograficando*, 4(4), (pp. 193-214). <https://doi.org/https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/77710>
- Puente Aguilar, S. (2018). La gestión integral del riesgo de desastres en las metrópolis. *Siglo veintiuno*. <https://sigloxxieditores.com.mx/autor-a/sergio-puente-y-aguilar/>
- Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población Mahahual 2021-2050. *Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, Ayuntamiento de Othón P. Blanco*. (2021). Tomo II, Número 102, Extraordinario. <https://qroo.gob.mx/sedetus/programas-de-desarrollo-urbano>
- Ramírez Velázquez, B. R., (2017). Escalas de la planeación y vulnerabilidad territorial en México. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (RBEUR)*, 19(1), (pp. 179-191). <https://www.redalyc.org/pdf/5139/513954270011.pdf>
- Rojas Vilches, O., y Martínez Reyes, C. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, 20, (pp. 88-116). <https://www.redalyc.org/pdf/3832/383239103004.pdf>
- Santana Juárez, M. V., Hoyos Castillo, G., Santana Castañeda, G., Pineda Jaimes, N. B., y Campos Alanis, H. (2016). Vulnerabilidad territorial ante la expansión urbana. *Red internacional de territorios, sustentabilidad y gobernanza en México y Polonia (RETESYG)*, 1(1ra), (pp. 1-49). <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.11799/58087>
- Silva Casarín, R., Villatoro Lacouture, M. M., Ramos Durón, F. J., Pedroza Paez, D., Ortiz Pérez, M. A., Mendoza Baldwin, E. G., . . . Salinas, A. C. (2014). Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional Autónoma de México*, (pp. 1-125). https://www.researchgate.net/publication/280930953_CHARACTERIZACION_DE_LA_ZONA_COSTERA_Y_PLANTEAMIENTO_DE_ELEMENTOS_TECNICOS_PARA_LA_ELABORACION_DE_CRITERIOS_DE_REGULACION_Y_MANEJO_SUSTENTABLE
- Silva, H., Rosas, G., Secaira, F., Meller, T., Mendoza, M. (Comps.) (2014). Sobrevive al cambio climático. Catálogo de buenas prácticas para reducir los impactos del clima en la zona costera de Quintana Roo, México. Chetumal, Quintana Roo. *Instituto Tecnológico de Chetumal, The Nature Conservancy, Amigos de Sian Ka'an-marti*. https://www.researchgate.net/publication/275584443_Sobrevive_al_Cambio_Climatico_en_el_Caribe_Catalogo_de_buenas_practicas_de_uso_del_suelo_manejo_del_paisaje_y_construccion_en_la_zona_costera_de_Quintana_Roo
- Sistema de Consulta de Información Censal 2020 (SCINCE, 2020). <https://gaia.inegi.org.mx/scince2020/>
- Szupiany, E. (2018). La ciudad fragmentada. Una lectura de sus diversas expresiones para la caracterización del modelo latinoamericano. *Revista ESTUDIOS SOCIALES CONTEMPORÁNEOS* (19), (pp. 99-16). <https://doi.org/https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/89153>
- Winfield Reyes, F. N. (2010). Historia, Teoría y práctica del urbanismo. *Universidad Veracruzana*. <https://doi.org/https://libros.uv.mx/index.php/UV/catalog/view/B1186/55/310-1>
- Yáñez Romo, V. (2018). Metodología para determinar la vulnerabilidad socio-territorial frente a la pobreza. *REDUR*, (pp. 95-120). https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/333101330_Metodologia_para_determinar_la_vulnerabilidad_socio-territorial_frente_a_la_pobreza



<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a16>

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>

<https://www.facebook.com/avacient>

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA ERGOTIONEINA DE LOS HONGOS COMESTIBLES

Montserrat Lara-Novelo¹, Arturo Alvarado-Segura²,
Cecilia I. Góngora-Huicochea³, Pedro R. Catzim-Navarrete⁴

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Recibido: 12/10/2024 Aceptado: 13/11/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a17>

Resumen.- Los hongos son considerados productos de primera calidad debido a sus cualidades nutricionales y medicinales, que favorecen la salud humana. Por otro lado, la búsqueda de agentes antioxidantes naturales es relevante para promover la salud y prevenir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo mitocondrial. La ergotioneína, compuesto bioactivo presente en los hongos comestibles, funciona como antioxidante, inmunomodulador, hepatoprotector, hipoglucémico, antimicrobiano y tiene efecto antienvjecimiento y de protección contra los rayos ultravioleta. En esta investigación documental se analiza el papel de la ergotioneína en la salud humana. El uso de esta molécula ofrece una perspectiva para mejorar la calidad nutricional en la dieta de los consumidores y reducir el riesgo de padecer enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. El estrés oxidativo altera el equilibrio de los mecanismos que controlan las células, causando daños severos en moléculas biológicas como el ADN, lípidos y proteínas, lo que puede generar repercusiones negativas y el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas y cardíacas. Aunque los resultados de las investigaciones son prometedores, se requiere de estudios más amplios para comprender el mecanismo de acción y la aplicabilidad clínica de la ergotioneína proveniente de los hongos comestibles, como *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus* y *Lentinula edodes*.

Palabras Clave: Enfermedad, ergotioneína, estrés, hongo, nutriente.

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ERGOTHIONEIN FROM EDIBLE MUSHROOMS

Abstract.- Mushrooms are considered top quality products due to their nutritional and medicinal qualities, which promote human health. On the other hand, the search for natural antioxidant agents is of interest for health promotion and prevention of diseases related to mitochondrial oxidative stress. Ergothioneine, a bioactive compound present in edible mushrooms, functions as an antioxidant, immunomodulator, hepatoprotective, hypoglycemic, antimicrobial and has an anti-aging and protective effect against ultraviolet rays. This documentary research analyzes the role of ergothioneine in human health. The use of this molecule offers a perspective to improve the nutritional quality in diet of consumers and reduce the risk of suffering from diseases related to oxidative stress. Oxidative stress alters the balance of the mechanisms that control cells, causing severe damage to biological molecules such as DNA, lipids and proteins, which can generate negative repercussions and the development of neurodegenerative and heart diseases. Although the research results are promising, broader studies are required to understand the mechanism of action and clinical applicability of ergothionein from edible mushrooms, such as *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus* and *Lentinula edodes*.

Keywords: Disease, ergothioneine, mushroom, nutrients, stress.

Introducción

El interés global por el cultivo y consumo de hongos ha aumentado debido a su valor como fuente de alimento y nutrientes, sin embargo, el conocimiento sobre los beneficios que proveen es aún limitado. Desde 1990 el mundo ha mostrado un creciente interés en la industria de los hongos, lo que ha resultado en un aumento significativo en su producción y consumo (Ucar et al., 2019, p. 1; Usman et al., 2021, p. 1). Este aumento está estrechamente relacionado con su demanda a nivel global, la cual se relaciona principalmente con características como el sabor, bajo contenido calórico, niveles reducidos de sodio, lípidos, colesterol, así como su alto contenido proteico. Además, los hongos aportan aminoácidos en forma de ácido, fibra y vitaminas (Martínez-Medina et al., 2021, p. 1).

¹Estudiante del TecNM, campus Sur del Estado de Yucatán. Correo: l.201t0009@suryucatan.tecnm.mx, <https://orcid.org/0009-0005-8515-909X>

²Docente del TecNM, campus Sur del Estado de Yucatán. Correo: aalvarado@suryucatan.tecnm.mx, <https://orcid.org/0000-0002-7386-2205>

³Estudiante del TecNM, campus Sur del Estado de Yucatán. Correo: l.201t0006@suryucatan.tecnm.mx, <https://orcid.org/0009-0001-0634-2453>

⁴Docente del TecNM, campus Sur del Estado de Yucatán. Correo: pcatzim@suryucatan.tecnm.mx, <https://orcid.org/0000-0001-6831-2228> (**Autor correspondiente**).

Entre los hongos más cultivados a nivel mundial se encuentran *Agaricus bisporus*, *Flammulina velutipes*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus* sp., *Auricularia* sp. y *Volvariella* sp. Este mercado representa una industria estimada en 63 mil millones de dólares, de los cuales el 54% corresponde a hongos comestibles cultivados, 38% a hongos medicinales y 8% a hongos silvestres, lo cual refleja su importancia económica y alimentaria (Royse et al., 2017, p. 6).

Además de su valor nutricional, los hongos han sido tradicionalmente utilizados en la etnofarmacología y la medicina popular, por sus propiedades benéficas para la salud. Contienen una amplia variedad de compuestos bioactivos, como la ergotioneína, polisacáridos (quitosano, β -glucano), polifenoles, terpenoides, lectinas, alcaloides, esteroides, glucoproteínas, ergosteroides, sesquiterpenos y lactonas. Sin embargo, el contenido de estos compuestos puede variar significativamente dependiendo de diversos factores como el sustrato, el cultivo, las condiciones de almacenamiento y el procesamiento, entre otros. Además, actúan como antioxidantes, antiinflamatorios, antimicrobianos, anticolesterol, prebióticos, genoprotectores e inmunomoduladores (Chun et al., 2021, p. 1; Liuzzi et al., 2023, p. 5; Martínez-Medina et al., 2021, p. 2; Tsiantas et al., 2021, p. 1).

Entre estos compuestos, la ergotioneína, un aminoácido no proteico, es un componente bioquímico de interés debido a sus propiedades antioxidantes y su capacidad para neutralizar especies reactivas de oxígeno (ROS) (Tsay et al., 2021, p. 7). Esta molécula está presente en algunos alimentos y es sintetizada endógenamente, ha demostrado ser efectiva en la protección contra el estrés oxidativo y en la prevención de enfermedades asociadas. A medida que se profundiza en la comprensión de los mecanismos moleculares y celulares implicados en el estrés oxidativo, la ergotioneína emerge como un componente clave en la defensa antioxidante del organismo. Dicha molécula, al ser consumida, es importante para el cuerpo humano por sus propiedades y su función de eliminar las ROS e inhibir los peróxidos lipídicos; tiene potencial en contra de diversas enfermedades como la inflamación, la depresión y la neuropatía (Han et al., 2021, p. 580; Martínez-Medina et al., 2021, p. 7).

El uso de esta molécula encontrada en los hongos ofrece una perspectiva para mejorar la calidad nutricional de la dieta de los consumidores y reducir el riesgo de padecer enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. Además, existen estudios que respaldan el potencial del hongo ostra blanca (*Pleurotus ostreatus*) como antioxidante natural y el papel benéfico de la ergotioneína en la salud humana (Lam-Sidun et al., 2021, p. 2; Yadav et al., 2021, p. 9). Actualmente algunos son considerados "productos farmacéuticos de hongos" (Dimopoulou et al., 2022, p. 2).

En este trabajo se analizan los resultados de investigaciones sobre el uso de la ergotioneína como un agente antioxidante y su papel en la salud humana. Se aborda la capacidad antioxidante para proteger las células mitocondriales contra el estrés oxidativo, así como su influencia en la prevención de enfermedades crónicas y su potencial terapéutico en condiciones de salud específicas.

Materiales y métodos

La presente investigación documental se fundamenta en una revisión de artículos científicos publicados en revistas registradas en el Journal Citation Reports, con un rango de tiempo no mayor a siete años. Para ello, se realizaron búsquedas avanzadas en las bases de datos ScienceDirect y Google Académico utilizando combinaciones de términos clave como antioxidante, compuestos bioactivos, enfermedades, ergotioneína y estrés oxidativo. Posteriormente se analizaron los resúmenes de los artículos encontrados para extraer la información de interés, asegurando que los resultados recopilados sobre la ergotioneína de los hongos comestibles como *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus* y *Lentinula edodes* sean novedosos. La información anterior se complementó con información de algunos artículos científicos publicados antes de 2017. El enfoque de este trabajo es descriptivo, sintetizando resultados experimentales de la actividad antioxidante de la ergotioneína y tratando de identificar vacíos que puedan ser abordados en investigaciones posteriores.

Resultados y discusión

La ergotioneína es un compuesto bioactivo presente en los hongos comestibles que funge como agente antioxidante, cuya influencia en la salud ha sido de creciente interés en la comunidad científica en las últimas décadas. Por otra parte, el estrés oxidativo es resultante del desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno y los mecanismos de defensa antioxidante del organismo. Por ello, es asociado a una amplia gama de enfermedades crónicas, como enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, cáncer, diabetes mellitus y depresión. La ergotioneína emerge como un agente natural con potencial para contrarrestar los efectos perjudiciales del estrés oxidativo (Han et al., 2021, p. 580; Martínez-Medina et al., 2021, p. 2).

Hongos comestibles

Los hongos, cuya reproducción puede ser sexual o asexual, son organismos que no realizan la fotosíntesis, sino que emplean componentes orgánicos como fuente de energía y de carbono. Además, desempeñan un papel importante como descomponedores de material orgánico en formas más simples (Permatasari et al., 2020, p. 25).

El género *Pleurotus*, conocido comúnmente como hongo ostra blanco debido a su forma y apariencia, es reconocido como hongo comestible, de modo que se cultiva en todo el mundo, especialmente en el Sudeste asiático, India, Europa y África. China destaca como el principal productor, representando el 64% de la producción mundial de los hongos comestibles y el 85% de todos los hongos ostra. Estos ocupan el segundo lugar más grande de producción y comercialización en el mercado global, después de *Agaricus bisporus* (USITC, 2010, p. 28).

El hongo ostra, de la familia Tricholomataceae, es un alimento seguro para el consumo humano. Destaca por su alto contenido de fibra en comparación con otros alimentos, lo que lo convierte en una opción popular en las dietas cotidianas de las personas. El cultivo de este hongo exige pocos controles ambientales, ya que no suelen ser atacados por enfermedades y plagas (Figura 1) (Permatasari et al., 2020, p. 25).

Figura 1. Proceso de cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*



Pleurotus ostreatus (Figura 2A) es un hongo maderero que posee un mayor contenido de nutrientes en comparación con otros hongos. Contiene hasta 35% de proteína, todos los aminoácidos esenciales, 2.2% de grasas compuestas en 100 g de hongo. En el sector de la salud tiene un papel importante debido a la cantidad de ergotoneína que posee y a sus propiedades nutritivas (Permatasari et al., 2020, p. 23).

Figura 2. Hongos comestibles A. *Pleurotus ostreatus*. B. *Agaricus bisporus*.



Nota. Elaboración propia. (Freepink).

Por otro lado, el hongo *Agaricus bisporus*, o champiñón (Figura 2B), es la especie comestible más popular y comúnmente consumida en el mundo, por su sabor, por su alto contenido de nutrientes y por la variedad de compuestos bioactivos que contiene, como las vitaminas del complejo B, fibras, proteínas, ergotioneína, aminoácidos y polisacáridos (Muszyńska et al., 2017, p. 173). *Agaricus bisporus* en estado inmaduro posee dos colores: blanco y marrón, en color blanco se conoce como seta común o champiñón y el marrón como seta castaña o seta de sombrero marrón, que en su estado de madurez se nombra hongo Portobello (Zhang et al., 2018, p. 2). En la cocina mexicana se le consume en forma de quesadillas, salsas, filetes, enchiladas, entre otros (Cuevas-González, 2009, pp. 9-10).

Composición nutricional y diversidad de componentes bioactivos

Los hongos comestibles se han utilizado en la alimentación humana y son reconocidos por su atractiva textura, sabor y características medicinales. El sustrato empleado puede mejorar el contenido de compuestos bioactivos, al mismo tiempo que se emplea material que es considerado desecho. De esta forma, se apoya la economía circular en la industria de los hongos (Sheikha y Hu, 2018, p. 1, p.5, p. 8). En la Tabla 1 se enlistan algunos macronutrientes que posee el hongo *P. ostreatus* dependiendo del sustrato donde fue cosechado.

Tabla 1. Contenido de macronutrientes de *P. ostreatus* cosechado en diferentes sustratos.

Sustrato	Proteína	Carbohidratos	Grasas	Aminoácidos	Fibra cruda
<i>Picnato ongoleubis</i>	20.11	45.74	30.9	42.3	17.51
<i>Ceiba pentandra</i>	20.03	41.8	23.1	40.56	17.35
<i>Cananium sp.</i>	20.06	45.74	27.6	35.97	17.42
Aserrín de madera blanda	17.68	54.02	1.81	33.32	10.66
Aserrín de madera dura	26.67	41.57	1.72	20.05	11.05
Semilla de algodón	25.91	42.14	2.18	40.07	10.41
¹ Aserrín de sustratos de diversas especies de árbol	26.49	40.66	3.84	35.06	18.92

Nota. Elaboración propia con datos de Josiane et al. (2018, p. 19); Oyetayo y Ariyo (2013, p. 25).

Nota: ¹En la última fila, los datos presentados se obtuvieron promediando los datos obtenidos del árbol de higo, lluvia, ceiba, ipil, eucalipto y una mezcla de aserrín.

Macronutrientes

Los macronutrientes (carbohidratos, grasas y proteínas) son moléculas complejas que el cuerpo necesita en grandes cantidades, que al oxidarse producen energía. En términos simples, los carbohidratos, se encuentran generalmente en forma de glucosa (o glucógeno), son el sustrato energético para uso inmediato; la grasa en forma de tejido adiposo representa la reserva de energía a largo plazo; y las proteínas forman el tejido vivo. Estos macronutrientes también tienen otras funciones importantes en el cuerpo como la de servir como componentes estructurales de hormonas y receptores de moléculas transmisoras, membranas celulares y mediadores inflamatorios (Costa y Gantner, 2020, p. 1).

Carbohidratos

Los carbohidratos son moléculas orgánicas formadas por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Se clasifican en tres grupos: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos (Costa y Gantner, 2020, p. 1). En los hongos, los carbohidratos son aldehídos o cetonas polihidroxilados y sus derivados. Diversas investigaciones han demostrado que el contenido total de carbohidratos en los cuerpos fructíferos del *Agaricus bisporus* oscila entre el 4.5 y el 4.6% del peso fresco o el 51.3 y el 62.5% del peso seco (Muszyńska et al., 2017, p. 174). Por otro lado, el contenido de carbohidratos presentes en *Pleurotus ostreatus* es del 69.86% en peso seco (Yadav et al., 2021, p. 2), evidenciando que el género *Pleurotus* contiene mayor cantidad de carbohidratos.

Los hongos son ricos tanto en carbohidratos digeribles (trehalosa, glucógeno, manitol y glucosa) como no digeribles (quitina, mananos y β -glucano). Los monosacáridos encontrados con mayor frecuencia son la glucosa, fructosa, galactosa, manosa, xilosa, ramnosa, fucosa, trehalosa, arabinosa y manito (Martínez-Medina et al., 2021, p. 2; Yadav et al., 2021, p. 3). El consumo de carbohidratos como el β -glucano mejora el sistema inmune, previniendo y controlando enfermedades como infecciones de las vías respiratorias superiores, alergias estacionales, osteoartritis, y los trastornos comórbidos relacionados con la obesidad (Yadav et al., 2021, p. 3).

Proteínas

Las proteínas son componentes macromoleculares, descritos como biopolímeros de aminoácidos y están formadas por una serie de compuestos nitrogenados que confieren propiedades físicas, químicas y biológicas a estas biomoléculas. Las proteínas y los péptidos son una parte importante de los componentes bioactivos presentes en los hongos que

aportan beneficios a través de sus efectos farmacológicos. Estos contienen entre 19% y 39% de proteína en peso seco, que forma parte de una red compleja de células fúngicas (Martínez-Medina et al., 2021, p. 3). La cantidad proteica de los champiñones representa del 19 al 35 g sobre 100 g de peso seco, indicando que es altamente digerible. Por otro lado, los hongos contienen una buena cantidad de los nueve aminoácidos esenciales, como fenilalanina, lisina, isoleucina, leucina, valina, histidina, treonina y metionina, necesarios para los humanos (Yadav et al., 2021, p. 3). Por otro lado, diversos estudios indican que el hongo *Pleurotus ostreatus* contiene entre 17 y 42% de proteína con base a 100 g de peso seco (Deepalakshmi y Sankaran, 2014, p. 719).

Lípidos

Las grasas o lípidos se diferencian de otros macronutrientes porque son poco solubles en agua, pero muy solubles en disolventes orgánicos como el éter o la acetona. Al igual que los carbohidratos, están compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno, pero la proporción de átomos de oxígeno con respecto al carbono y al hidrógeno es menor que en los carbohidratos. Los lípidos biológicamente importantes son los ácidos grasos, los triglicéridos, los fosfolípidos y los esteroides (Costa y Gantner, 2020, p. 1). Las setas contienen compuestos de base lipídica, con porcentajes entre 1.18 y 8.39% de su peso seco. En los mecanismos de crecimiento y reproducción, la presencia de estos compuestos suele ser aprovechada en forma de ácidos grasos, esteroides y fosfolípidos, siendo este último fundamental en la membrana celular. Por otro lado, los ácidos grasos son una forma de almacenamiento de energía en forma de grasa en los hongos y otros organismos. Estos se componen por tres moléculas unidas a un glicerol para formar el triglicérido (Martínez-Medina et al., 2021, p. 4; Yadav et al., 2021, p. 3).

Micronutrientes

Los micronutrientes (vitaminas y minerales) son componentes dietéticos necesarios para mantener la salud y, a diferencia de los macronutrientes, se encuentran en cantidades muy pequeñas en los tejidos. Pueden actuar como coenzimas, sustratos bioquímicos y hormonas (Costa y Gantner, 2020, p. 3).

Vitaminas

Las vitaminas son componentes dietéticos orgánicos que no funcionan suministrando energía, pero que son necesarios para mantener la salud (Costa y Gantner, 2020, p. 3). Los hongos comestibles son una excelente fuente de vitaminas y, por lo tanto, pueden usarse como un ingrediente ejemplar para formulaciones nutraceuticas. Los cuerpos fructíferos de los hongos son ricos en vitaminas, principalmente vitamina B1, B2, C y D2. Las vitaminas del grupo B son abundantes, particularmente tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico, ácido nicotínico, nicotinamida, ácido fólico y cobalamina, así como otras vitaminas como ergosterol, biotina, fitoquinona y tocoferoles (Deepalakshmi y Sankaran, 2014, p. 720). El proceso de formación de la vitamina D2 se produce mediante la fotoconversión del ergosterol. Los hongos cultivados irradiados con UV-B, como las especies de los géneros *Agaricus* y *Pleurotus*, pueden producir una cantidad significativa de vitamina D2 (Yadav et al., 2021, p. 3).

Minerales

Son compuestos necesarios para el cuerpo, que no son sintetizados por el mismo, sino que se consiguen en la dieta. Los minerales que se encuentran en los hongos son principalmente potasio, fósforo, calcio, hierro, manganeso, magnesio, zinc y selenio (Liuzzi et al., 2023, p. 10). En los hongos comestibles silvestres, el magnesio es el segundo mineral más importante que se encuentra naturalmente. Los minerales que contiene *Pleurotus ostreatus* son: fósforo, 497.35 mg 100 g–1 dm en el sombrero; magnesio, 340.59 mg 100 g–1 dm en tallo y potasio, 466.24 mg 100 g–1 dm, en el tallo y sombrero (Yadav et al., 2021, p. 4). Por otro lado, el contenido de potasio en *Agaricus bisporus* oscila entre 0.54 y 1.58%; el sodio de 37.2 a 61.9 µg/g y de manganeso 56.2–91.1 µg/g (Atila et al., 2017, p. 282).

Molécula ergotioneína y su actividad antioxidante

La ergotioneína (2-mercaptohistidina trimetilbetaína) se deriva del aminoácido histidina que contiene azufre, se le conoce por sus propiedades antioxidantes debido al compuesto de tiol que posee en forma natural e involucra otros aminoácidos como la cisteína y metionina. Fue descubierto en 1909 por Charles Tanret en el hongo cornezuelo de centeno, conocido también como ergot (Han et al., 2021, p. 1; Liu et al., 2023, p. 1). Esta molécula ha llamado la atención debido a su identificación como sustrato biogénico. Diversos estudios respaldan la función que tiene en la longevidad a través de su actividad antioxidante y destacan su capacidad para modular la transducción de señales relacionadas con el envejecimiento de la expresión genética (Liuzzi et al., 2023, p. 9; Tsiantas et al., 2021, p. 2). En 2005 se descubrió que el transportador de cationes orgánicos (OCTN1), un potente eliminador e inhibidor de radicales hidroxilos (OH) a través del peróxido de hidrógeno, que se cataliza mediante iones de hierro y cobre, es el principal

transportador de ergotioneína, teniendo mayor eficiencia que muchos otros metabolitos relacionados ya que sin este, no se puede encontrar la molécula en células y tejidos (Martínez-Medina et al., 2021, p. 4).

Estudios *in vitro*, respaldan que los niveles de ergotioneína en la sangre y tejidos se reduce al padecer alguna enfermedad. Sin embargo, al obtener esta molécula de manera externa, los niveles de ergotioneína aumentan permaneciendo cuatro semanas en el organismo; se considera que puede desempeñar un papel protector ante diversas afecciones patológicas. Además, se han realizado estudios experimentales *in vitro* para eliminar radicales libres, concluyendo que la ergotioneína es capaz de neutralizar con eficacia las ROS, confirmando su potencial como agente antioxidante (Martínez-Medina et al., 2021, p. 6; Tsiantas et al., 2021, p. 2).

Diversos metabolitos secundarios como los compuestos fenólicos, ergotioneína y lovastina se encontraron en el género *Pleurotus*, indicando así su capacidad antioxidante. La ergotioneína contenida en los hongos *Agaricus*, *Grifola*, *Pleurotus*, *Lentinula*, varía de 0.4 a 2.01 mg/g de peso seco. En la Tabla 2 se muestra el contenido de ergotioneína extraída de diversos hongos comestibles. Los datos presentados son resultados de diversos análisis y ensayos experimentales, mostrando que el género *Pleurotus* contiene en promedio mayor contenido de dicha molécula (Dubost et al., 2007, p. 731; Permatasari et al., 2020, p. 27).

Tabla 2. Concentración de ergotioneína en hongos comestibles.

Tipo de hongo	Ergotioneína (mg/g)
<i>Agaricus bisporus</i> (champiñón)	1.21 ± 0.82
<i>Agaricus bisporus portabello</i>	0.45
<i>Agrocybe cylindracea</i>	0.279
<i>Volvariella volvacea</i>	0.0537
<i>Boletus edulis</i>	2.40 ± 0.05
<i>Hericio erinaceus</i>	0.063
<i>Termitomyces clypeatus</i>	0.122
<i>Lentinula edodes</i>	1.86 ± 0.73
<i>Pleurotus ostreatus</i>	1.98 ± 0.04
<i>Pleurotus cornucopiae</i>	2.082 ± 0.12
<i>Pleurotus citrinopileatus</i>	3.94
<i>Grifola frondosa</i>	1.13 ± 0.05

Nota. Elaboración propia con datos de Dubost et al. (2007, p. 731); Nachimuthu et al. (2019, p. 396); Permatasari et al. (2020, p. 27).

La ergotioneína se caracteriza por su alta capacidad antioxidante obtenida de microorganismos, especialmente de hongos comestibles y actinobacterias, y ha sido utilizada en las industrias alimentaria y cosmética. Actualmente se sugiere como un antioxidante biológico vital debido a su capacidad para funcionar con otros antioxidantes para proteger a las células contra el estrés oxidativo mitocondrial (Liuzzi et al., 2023, p. 9; Martínez-Medina et al., 2021, p. 4). Su valor se puede comparar al de los vegetales, ya que tiene la capacidad de inhibir la reacción de oxidación y reducir los radicales hidroxilo, superóxido y peróxido, influyendo en los procesos de síntesis y transcripción de antioxidantes endógenos, especialmente el glutatión (Lam-Sidun et al., 2021, p. 2).

La existencia de compuestos antioxidantes es impresionante en los hongos, ya que tienen varias enzimas potenciales, coenzimas reducidas y diferentes formas de compuestos fenólicos que funcionan como fuentes de electrones. Las setas ostra *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* son capaces de ser antioxidantes, ya que aportan compuestos fenólicos, L-ergotina, selenio y vitamina C (Egra et al., 2019, p. 20; Yadav et al., 2021, p. 9).

Se ha determinado el contenido total de antioxidantes que contiene el hongo *P. ostreatus*, con evaluación de su potencial como inhibidor de radicales libres. Los resultados obtenidos (Tabla 3) indican que este hongo posee buena actividad antioxidante. Por otro lado, otros autores reportan que la capacidad antioxidante de *Agaricus bisporus* marrón es mayor que las de *Lentinula edodes* y *P. ostreatus*. El contenido de ergotioneína osciló entre 0.21 y 0.45 mg/g de peso seco en el hongo *A. bisporus* inmaduro (Dubost et al., 2007, p. 731).

Tabla 3. Evaluación antioxidante de los hongos *P. ostreatus*, *A. bisporus* y *L. edodes*

Solventes	Capacidad antioxidante <i>P. ostreatus</i> (Mg EAG/G)	Capacidad antioxidante <i>A. bisporus</i> (Mg/g)	Capacidad antioxidante <i>L. edodes</i> (Mg/g)
n-hexano	313.625	---	---
Acetato de etilo	368.702	---	---
Etanol	128.792	84.85	83.70
Etanol crudo	114.708	---	---
Metanol	---	144.00	91.34
Agua	---	302.50	207.50

Nota. Elaboración propia a partir de Da Silva y Neuza (2011, p. 388); Egra et al. (2019, p. 20).

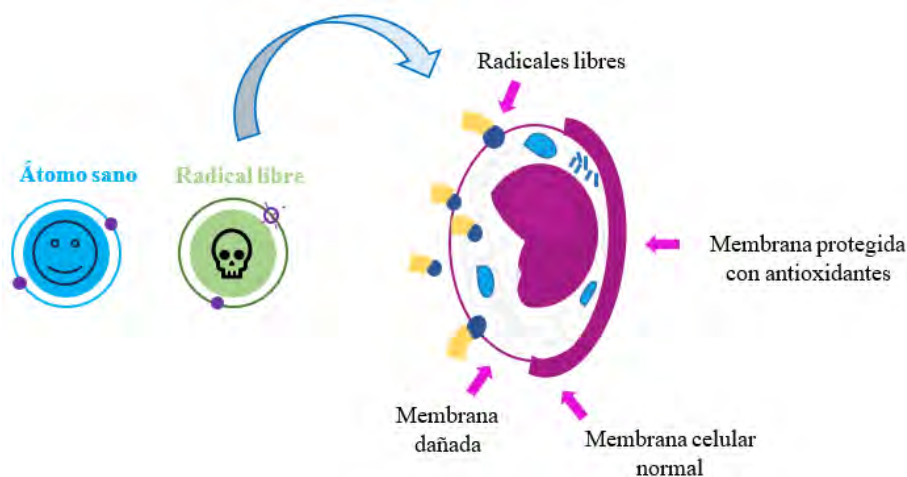
Estrés oxidativo

Los radicales libres desempeñan diversas funciones fisiológicas en el organismo como las vías de señalización como mediadores, la regulación del tono vascular, la percepción de la presión de oxígeno, la regulación de funciones controladas por concentración de oxígeno, la traducción de señales intercelulares, la síntesis de prostaglandinas, el colesterol y las hormonas esteroideas (Gutiérrez et al., 2018, p. 4). Sin embargo, la producción excesiva de radicales libres derivados del oxígeno daña estructuras biológicas de las células que, al verse afectadas repercute al desarrollo de numerosas enfermedades como diabetes, hipertensión, artritis reumatoide, lupus y arteriosclerosis (Gutiérrez et al., 2018, p. 4). El estrés oxidativo implica una desregulación en los diversos sistemas del organismo de interés, unida a la producción de diversas especies reactivas de oxígeno (ROS) o nitrógeno, principalmente peróxido (H_2O_2), radical hidroxilo ($HO\cdot$), superóxido ($O_2\cdot^-$), y oxígeno singlete (1OH_2), peróxido ($ROO\cdot$) y peroxinitrito ($ONOO\cdot$) (Borodina et al., 2020, p. 199; Lam-Sidun et al., 2021, p. 3).

El proceso de oxidación que ocurre en el cuerpo se define como estrés oxidativo. Es un estado en el que el equilibrio entre pro-oxidantes y antioxidantes se altera, teniendo como resultado un aumento de la tasa de oxidación. Al ocurrir un desequilibrio en el mecanismo de las células que controlan el sistema nervioso central, puede ocasionar diversos daños en moléculas biológicas como las proteínas, lípidos, carbohidratos y el ADN, generando un conjunto de repercusiones en el desarrollo de enfermedades (Liuzzi et al., 2023, p. 3; Martínez-Medina et al., 2021, p. 8).

El efecto destructivo de los radicales libres en las células se minimiza o elimina con los antioxidantes, reduciendo así el daño tisular o celular que suele ser causado por los metabolitos tóxicos (Figura 3). Existen mecanismos de defensa antioxidante como el licopeno, betacaroteno, glutatión, flavonoides, selenio, vitaminas naturales (E, A), enzimas antioxidantes como la catalasa peroxidasa y la glutatión-S-transferasa que ayudan a contener los radicales libres del organismo y así proteger a la célula mitocondrial (Liu et al., 2023, p. 6).

Figura 3. Representación del daño provocado por los radicales libres sobre la célula.

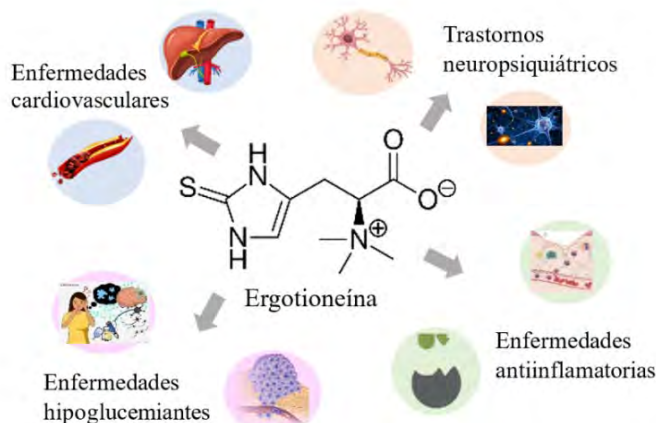


Nota. Elaboración propia a partir de Vargas y Saavedra (2019).

Impacto de la ergotioneína en la salud humana

La ergotioneína ayuda a neutralizar los radicales libres, reduciendo el daño celular y el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Su capacidad neuroprotectora puede utilizarse en la prevención y el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer y el Parkinson. Investigaciones recientes indican que puede modular la respuesta inmunitaria, mejorando la salud y potenciando la longevidad (Figura 4) (Han et al., 2021, pp. 581-582).

Figura 4. Función de la ergotioneína en diversas enfermedades.



Nota. Elaboración propia adaptado de Han et al. (2021), p.581.

Propiedades anticancerígenas

El cáncer se produce debido a las alteraciones metabólicas como cambios genéticos y epigenéticos que se acumulan a lo largo del tiempo. Normalmente, las células cancerosas se caracterizan por un crecimiento y proliferación anormales, señalización autocrina sostenida, evasión de los supresores del crecimiento, angiogénesis, inmortalidad replicativa, recableado metabólico, invasión y metástasis. Estas propiedades confieren a las células cancerosas la capacidad de sobrevivir y prosperar incluso en condiciones de estrés (Mishra et al., 2021, p. 1629).

Se ha descubierto que los hongos comestibles son ricos en diversas macromoléculas bioactivas farmacológicamente importantes que le confieren posibles propiedades antineoplásicas (Mishra et al., 2021, p. 1629). Los componentes anticancerígenos de los hongos son antroquinonol, cordicepina, hispolon, lectina, krestin, polisacárido, polisacárido sulfatado, lentinano y fracción D de Maitake (Park, 2022, p. 3).

Se han aislado compuestos biológicos activos con efectos antiproliferativos de macrohongos comestibles y medicinales, que posiciona a los polisacáridos y polifenoles como alternativa para aliviar el cáncer. Estos hallazgos sugieren que algunos hongos pueden actuar sinérgicamente en combinación con medicamentos anticancerígenos comerciales para el tratamiento de cánceres resistentes a los medicamentos, debido a su alta prevalencia y tratamiento complejo. La ciencia está en búsqueda de nuevos métodos de tratamiento que pueda prevenir o apoyar a los tratamientos tradicionales y emplearlos como alternativa terapéutica (Martínez-Medina et al., 2021, p. 10).

Los estudios indican que *Pleurotus* puede servir como un potente agente para suprimir el crecimiento, la proliferación, la angiogénesis y la metástasis de líneas de células cancerosas. El tratamiento de células cancerosas *in vitro* e *in vivo* con los extractos de *Pleurotus* conduce a la inducción y supresión de varias cascadas de señalización que resultaron en la inhibición del crecimiento, la proliferación, la angiogénesis y la metástasis en células cancerosas, así como en la promoción de la apoptosis (Mishra et al., 2021, p. 1629). Por otro lado, Patel y Goyal (2012, p. 2) reportan que los géneros de hongos que poseen características anticancerígenas son *Pleurotus*, *Phellinus*, *Agaricus*, *Clitocybe*, *Ganoderma*, *Trametes*, *Antrodia*, *Xerocomus*, *Cordyceps*, *Schizophyllum*, *Calvatia*, *Flammulina*, *Inonotus*, *Suillus*, *Albatrellus*, *Inocybe*, *Funlia*, *Russula*, *Lactarius* y *Fomes*.

Propiedades inmunomoduladoras

La inmunomodulación es la propiedad medicinal de los hongos más explotada, debido a que estimulan el sistema inmunitario innato como el adaptativo (Yadav et al., 2021, p. 10) Por otro lado, el empleo de los hongos se debe a sus características nutricionales y medicinales, que durante siglos han servido en el área terapéutica por su contenido de

metabolitos secundarios. Varios extractos de hongos disminuyen significativamente la actividad de mediadores inflamatorios como el óxido nítrico (NO), las prostaglandinas y las citosinas, lo que inhibe la actividad de los macrófagos y reduce la inflamación celular. Es por ello que la investigación médica ha evaluado la función de los hongos en el sistema inmunitario (Martínez-Medina et al., 2021, p. 10; Yadav et al., 2021, p. 10).

Propiedades antienviejimiento

El envejecimiento es atribuido a una reducción de los mecanismos fisiológicos del cuerpo, conduciendo a una mayor susceptibilidad a los trastornos, por lo cual el consumo de hongos con alto contenido de ergotioneína puede contribuir a tener una vida larga y saludable. Esta molécula reduce el riesgo de trastornos neurodegenerativos como la demencia y enfermedades como Alzheimer, esclerosis lateral amiotrófica, Huntington y Parkinson (Apparao et al., 2024, p. 1; Liuzzi et al., 2023, p. 3; Yadav et al., 2021, p. 14). Estudios en modelos animales han demostrado que la eliminación selectiva de células senescentes mejora la esperanza y calidad de vida en ratones envejecidos. Asimismo, se ha propuesto que la ergotioneína pudiera actuar como agente antisenesencia. Sin embargo, solo existe un estudio que ha investigado la administración de esta molécula en humanos, cuyos resultados son limitados, ya que la administración se realizó solo durante una semana (Apparao et al., 2024, p. 4; Liuzzi et al., 2023, p. 3).

Propiedades hepatoprotectoras

El daño al hígado es causado principalmente por el estrés oxidativo. Los hongos, al ser una fuente rica en compuestos bioactivos, se han utilizado para obtener un efecto curativo en este órgano, particularmente en casos de trastornos hepáticos o la fibrosis hepática. En algunas variedades de setas se encontró que poseen propiedades hepatoprotectoras, por ejemplo, los extractos de *Lentinus edodes* (100 mg/kg de peso corporal) son altamente efectivos para reducir la proliferación de los niveles de alanina transaminasa y aspartato transaminasa inducidos al hígado por paracetamol. Además, algunos hongos contienen compuestos antibacterianos y antifúngicos que les ayudan a sobrevivir en su entorno natural. Estos mismos compuestos han despertado interés en la medicina debido a su capacidad para combatir infecciones y proteger el hígado (Kumar et al., 2021, p. 9). En la medicina tradicional china se ha practicado el potencial protector o curativo de la ergotioneína, aun sin tener una evidencia concreta sobre ello. Por otro lado, se ha evaluado el tratamiento con tioacetamina en ratas después de la inducción de fibrosis hepática, reduciendo los niveles de hidroxiprolina hepática y mejorando la histología del hígado (Yadav, et al., 2021, p. 13).

Propiedades hipoglucémicas

La diabetes mellitus es una enfermedad crónico-degenerativa con alta prevalencia. En México, la prevalencia prediabetes fue de 22.1% (17.6 millones de personas); la prevalencia de diabetes diagnosticada fue de 12.6% y la de diabetes no diagnosticada, de 5.8%, resultando en un total de 18.3% (14.6 millones de personas) (Basto-Abreu, et al., 2023, p. 166). En la búsqueda de alternativas terapéuticas con menos efectos adversos, se ha investigado el potencial de productos naturales, incluyendo hongos, debido a su efecto hipoglucémico demostrado en estudios *in vitro* e *in vivo* (Martínez-Medina et al., 2021, p. 11). Los hongos tienen efectos antiglicémicos atribuidos a compuestos como los polisacáridos α -glucanos y β -glucanos. Además, los compuestos proteicos y moléculas polifenólicas derivadas de hongos también han mostrado eficacia en la inhibición de enzimas clave en la digestión de carbohidratos, como la α -glucosidasa o α -amilasa (Martínez-Medina et al., 2021 p. 11).

Propiedades antimicrobianas

Muchas bacterias han desarrollado resistencia a algunos antibióticos comerciales y, por lo tanto, existe preocupación por la aparición de nuevos patógenos con alta resistencia a los antibióticos, derivada de su uso excesivo, dando lugar a la búsqueda de moléculas con propiedades antimicrobianas, cuyos productos sean derivados de formas naturales. Una alternativa son los hongos, que tienen la capacidad de producir compuestos que les permiten sobrevivir en su hábitat natural y podrían ser aprovechados como compuestos contra un conjunto de bacterias importantes como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, entre otros (Martínez-Medina et al., 2021, p. 10).

Se ha reportado una alta sensibilidad *in vitro* de *Staphylococcus aureus* ante el extracto metanólico de *Pleurotus eous* (MEPE). Adicionalmente se ha investigado sus mecanismos antibacterianos, utilizando microscopía electrónica de barrido, ensayos de permeabilidad y análisis de integridad de membrana. Los análisis fitoquímicos realizados mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) muestran una eficacia significativa ($p < 0.05$) contra bacterias Grampositivas (*S. aureus*). Además, el tratamiento con MEPE incrementa la permeabilidad de la membrana en 60.32 % de los aislamientos, y en modelos animales se observa una reducción en los niveles de TNF- α , IL-1 β e IL-6, sugiriendo su potencial para tratar infecciones por *S. aureus* (Dash et al., 2024, p. 1).

Protección contra rayos UV

La piel es el órgano más grande del cuerpo y el receptor de muchas reacciones de oxidación, que le causan daño y envejecimiento prematuro. La ergotioneína se distribuye a través de la dermis y epidermis para movilizar el transporte de cationes (OCTN-1) que se encuentran en células de la capa basal y granular, y tiene la capacidad de proliferar y dividirse activamente para reparar y renovar la piel (Liu et al., 2023, p. 3).

La ergotioneína tiene potencial para ser un producto de protección solar debido a su espectro de absorción en el rango UV, posee un coeficiente de extinción molar de $1.4 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ y una longitud de onda máxima de 257 nm. La molécula de tiona que conforma su estructura puede actuar como un filtro UV para proteger la piel de estos rayos UV y, al mismo tiempo, producir compuestos bioactivos que funjan como una barrera (Liu et al., 2023, p. 10). Asimismo, la ergotioneína aumenta el nivel de glutatión reducido y protege a las células de la inducción de una delección común del mtADN en fibroblastos primarios humanos irradiados con UV, que son asociados al fotoenvejecimiento (Bazela et al., 2014, p. 52). Por lo tanto, la ergotioneína obtenida del consumo de hongos protege a las células de la piel de la radiación UV, considerando que esto se debe a las propiedades de absorción que posee la molécula.

En una comparación del efecto de tres antioxidantes (ergotioneína, ácido ferúlico y glutatión) contra el fotoenvejecimiento de la piel, se encontró que los tres inhiben la producción de ROS inducidas por la irradiación ultravioleta B, concluyendo que estos antioxidantes pueden tener aplicaciones cosméticas y antienvjecimiento (Tsay et al., 2021, p. 4). Diversos estudios han demostrado que los rayos UV ocasionan una sobreproducción de oxidantes reactivos, como el peróxido de hidrogeno y las especies reactivas de nitrógeno, específicamente el NO. Por otro lado, se ha encontrado que la generación de ROS causa daño oxidativo a los componentes celulares de la piel (Chen et al., 2021, p. 501). Por otro lado, utilizando la piel de ratones y modelos celulares, otros autores sugieren que la ergotioneína podría proteger la piel o las células del daño causado por los rayos UV o los fármacos que dañan el ADN; además, activa la señalización PI3K/Akt/Nrf2 para proteger la piel contra la exposición a los rayos UV y mantener la viabilidad celular de la muerte celular inducida por etopósido (Li et al., 2024, p. 10).

Conclusiones

La ergotioneína es un compuesto abundante en los hongos comestibles, con capacidad antioxidante para proteger a las células contra el estrés oxidativo, neutralizando radicales libres y reduciendo los daños celulares provocados por la oxidación. Se sugiere que influye en la prevención de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, así como en el fortalecimiento del sistema inmunológico y la reducción del envejecimiento celular. Por otro lado, los hongos comestibles, además de ser productos de primera calidad por sus cualidades nutricionales y medicinales, contienen componentes bioactivos que pueden emplearse para el desarrollo de alimentos funcionales y productos cosméticos. Estos alimentos, enriquecidos con compuestos como la ergotioneína, pueden promover la salud al fortalecer el sistema inmunológico, proteger el sistema nervioso central y prevenir enfermedades derivadas del estrés oxidativo mitocondrial. El uso de la ergotioneína, como componente antioxidante derivado de hongos comestibles, es un tema relevante en la investigación, ya que mejora la calidad nutricional de la dieta. Los resultados indican que esta molécula es prometedora para contribuir a una vida más saludable y una longevidad activa. Sin embargo, se necesita profundizar en la comprensión de su mecanismo de acción y su aplicabilidad clínica para aprovechar su potencial.

Referencias bibliográficas

- Apparoo, Y., Phan, C., Kuppasamy, U., y Chan, C. (2024). Potential role of ergothioneine rich mushroom as anti-aging candidate through elimination of neuronal senescent cells. *Brain Research*, 1824, 148693. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2023.148693>
- Atila, F., Nadhim, M., y Ali Shariati, M. (2017). The nutritional and medical benefits of *Agaricus bisporus*. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 7(3), 281–286. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2017/18.7.3.281-286>
- Basto-Abreu, A., López-Olmedo, N., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Moreno-Banda, G. L., Carnalla, M., Rivera, J. A., Romero-Martínez, M., Barquera, S., y Barrientos-Gutiérrez, T. (2023). Prevalencia de prediabetes y diabetes en México: Ensanut 2022. *Salud pública de México*, 65, s163–s168. <https://doi.org/10.21149/14832>
- Bazela, K., Solyga-Zurek, A., Debowska, R., Rogiewicz, K., Bartnik, E., y Eris, I. (2014). L-ergothioneine protects skin cells against UV-induced damage—A preliminary study. *Cosmetics*, 1(1), 51–60. <https://doi.org/10.3390/cosmetics1010051>
- Borodina, I., Kenny, L. C., McCarthy, C. M., Paramasivan, K., Pretorius, E., Roberts, T. J., van der Hoek, S. A., y Kell, D. B. (2020). The biology of ergothioneine, an antioxidant nutraceutical. *Nutrition Research Reviews*. 33(2), 190–217. <https://doi.org/10.1017/S0954422419000301>

- Chen, J., Liu, Y., Zhao, Z., y Qiu, J. (2021). Oxidative stress in the skin: Impact and related protection. *International Journal of Cosmetic Science*, 43 (5), 495-626. <https://doi.org/10.1111/ics.12728>
- Chun, S., Gopal, J., y Muthu, M. (2021). Antioxidant activity of mushroom extracts/polysaccharides their antiviral properties and plausible AntiCOVID-19 properties. *Antioxidants*, 10(12), 1899. <https://doi.org/10.3390/antiox10121899>
- Costa, R., y Gantner, D. (2020). Macronutrients, minerals, vitamins and energy. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 21 (3), 157–161. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2019.12.006>
- Cuevas-González, B. (2009). Recetas de Setas. Comisión Nacional Federal (CONAFOR). <https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Recetas-para-Setas.pdf>
- Dash, P., Kar, B., Gochhi, M., Ghosh, G., Rai, V. K., Das, C., Pradhan, D., Rajwar, T. K., Halder, J., Dubey, D., Manoharadas, S., y Rath, G. (2024). Antimicrobial properties of the edible pink oyster mushroom, *Pleurotus eous*: In-vivo and in-vitro studies. *Microbial Pathogenesis*, 196(106915). <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2024.106915>
- Da Silva, A., y Neuza, J., (2011). Antioxidant properties of *Lentinus edodes* and *Agaricus blazei* extracts: Antioxidant properties of mushrooms. *Journal of Food Quality*, 34(6), 386–394. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00416.x>
- Deepalakshmi, K., Y Sankaran, M. (2014). *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. *Journal of Biochemical Technology*, 5(2), 718-726. <https://jbiochemtech.com/storage/models/article/NG23jvirki6MsPU83nHuA6CbEMW8XcyYx1abn0BuLtqBOKsnuWPknyi9rj5/pleurotus-ostreatus-an-oyster-mushroom-with-nutritional-and-medicinal-properties.pdf>
- Dimopoulou, M., Kolonas, A., Mourtakos, S., Androustos, O., y Gortzi, O. (2022). Nutritional composition and biological properties of sixteen edible mushroom species. *Applied Sciences* 12(16), 8074. <https://doi.org/10.3390/app12168074>
- Dubost, N., Ou, B., y Beelman, R. (2007). Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 105(2), 727–735. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.030>
- Egra, S., Irawan W., Enos A., y Harlinda K. (2019). The potential of white-oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) as antimicrobial and natural antioxidant. *Biofarmasi Journal of Natural Product Biochemistry*, 17(1). <https://doi.org/10.13057/biofar/f170102>
- Gutiérrez, R., Reyes, C., Martínez, J., López, J., y Lazalde, B. (2018). Estrés oxidativo: promotor de enfermedades. *IBN Sina Revista electrónica semestral en Ciencias de la Salud*, 9(1), 1-9. <https://doi.org/10.48777/ibnsina.v9i1.91>
- Han, Y., Tang, X., Zhang, Y., Hu, X., y Ren, L.-J. (2021). The current status of biotechnological production and the application of a novel antioxidant ergothioneine. *Critical Reviews in Biotechnology*, 41(4), 580–593. <https://doi.org/10.1080/07388551.2020.1869692>
- Josiane, M., Estelle, M., Francis, N., y Kamdem, S. (2018). Effect of substrates on nutritional composition and functional properties of *Pleurotus ostreatus*. *Current Research in Agricultural Sciences*, 5(1), 15–22. <https://doi.org/10.18488/journal.68.2018.51.15.22>
- Kumar, K., Mehra, R., Guiné, F., Lima, J., Kumar, N., Kaushik, R., Ahmed, N., Yadav, A. N., y Kumar, H. (2021). Edible mushrooms: A comprehensive on bioactive compounds with health benefits and processing aspects. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(12), 2996. <https://doi.org/10.3390/foods10122996>
- Lam-Sidun, D.; Peters, KM; Borradaile, NM (2021). Mushroom-derived medicine? Preclinical studies suggest potential benefits of ergothioneine for cardiometabolic Health. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, 22, 3246. <https://doi.org/10.3390/ijms22063246/>
- Li, Y., Gao, J., Liu, S., Chen, S., Wei, X., Guan, Y., y Zhang, Y. (2024). Ergothioneine Protects Against UV-Induced Oxidative Stress Through the PI3K/AKT/Nrf2 Signaling Pathway. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, 17, 1309–1319. <https://doi.org/10.2147/CCID.S449987>
- Liu, H.-M., Tang, W., Wang, X.-Y., Jiang, J.-J., Zhang, W., y Wang, W. (2023). Safe and effective antioxidant: the biological mechanism and potential pathways of ergothioneine in the skin. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(4), 1648. <https://doi.org/10.3390/molecules28041648>
- Liuzzi, G., Petraglia, T., Latronico, T., Crescenzi, A. y Rossano, R. (2023). Antioxidant compounds from edible mushrooms as potential candidates for treating age-related neurodegenerative diseases. *Nutrients*, 15(8), <https://doi.org/10.3390/nu15081913>
- Martínez-Medina, G., Chávez-González, M., Verma, D., Prado-Barragán, L., Martínez-Hernández, J., Flores-Gallegos, A., Thakur, M., Srivastav, P., y Aguilar, C. (2021). Bio-funcional components in mushrooms, a health opportunity: Ergothioneine and huitlacoche as recent trends. *Journal of Functional Foods*, 77(104326), 104326. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104326>

- Muszyńska, B., Kała, K., Rojowski, J., Grzywacz, A., y Opoka, W. (2017). Composition and biological properties of *Agaricus bisporus* fruiting bodies- a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(3), 173–181. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0032>
- Nachimuthu, S., Kandasamy, R., Ponnusamy, R., Deruiter, J., Dhanasekaran, M., y Thilagar, S. (2019). L-Ergothioneine: A potential bioactive compound from edible mushrooms. *Medicinal Mushrooms*. Springer, Singapore. 5(Chapter 16), 391–407 https://doi.org/10.1007/978-981-13-6382-5_16
- Oyetayo, O., y Ariyo, O. (2013). Micro and macronutrient properties of *Pleurotus ostreatus* cultivated on different wood substrates. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 6(3), 223–226. <https://doi.org/10.12816/0001537>
- Park, H. (2022). Current uses of mushrooms in cancer treatment and their anticancer mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(18), 10502. <https://doi.org/10.3390/ijms231810502>
- Patel, S., Goyal, A. (2012). Recent developments in mushrooms as anti-cancer therapeutics. *Biotech* 2, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s13205-011-0036-2>
- Permatasari, W., Dayanti, D., Khaerunnisa, I. y Winarni, S. (2020). The new super antioxidant Ergothioneine in *Pleurotus ostreatus*. *The International Journal of Health, Education and Social (IJHES)*, 3(10), 23-33. <https://doi.org/10.1234/ijhes.v3i10.122>
- Royse, D. J., Baars, J., y Tan, Q. (2017). Current overview of mushroom production in the world. In *Edible and Medicinal Mushrooms* (pp. 5–13). <https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch2>
- Sheikha, A. F., y Hu, D.-M. (2018). How to trace the geographic origin of mushrooms? *Trends in Food Science & Technology*, 78, 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.008>
- Tsay, G. J., Lin S.-L., Li, c. Y., Mau, J.-L., y Tsai, S.-Y. (2021). Comparison of Single and Combined Use of Ergothioneine, Ferulic Acid, and Glutathione as Antioxidants for the Prevention of Ultraviolet B Radiation-Induced Photoaging Damage in Human Skin Fibroblasts. *Processes* 9(7), 1204. <https://doi.org/10.3390/pr9071204>
- Tsiantas, K., Tsiaka, T., Koutrotsios, G., Siapi, E., Zervakis, G. I., Kalogeropoulos, N., y Zoumpoulakis, P. (2021). On the identification and quantification of ergothioneine and lovastatin in various mushroom species: Assets and challenges of different analytical approaches. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(7), 1832. <https://doi.org/10.3390/molecules26071832>
- Ucar, T., y Karadag, A. (2019). The effects of vacuum and freeze-drying on the physicochemical properties and *in vitro* digestibility of phenolics in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Measurement & Characterization*, 13(3), 2298–2309. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00149-w>
- USITC. (2010). United States International Trade Commission. https://www.usitc.gov/publications/332/ITS_7.pdf
- Usman, M., Murtaza, G., y Ditta, A. (2021). Nutritional, medicinal, and cosmetic value of bioactive compounds in button mushroom (*Agaricus bisporus*): *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, 11(13), 5943. <https://doi.org/10.3390/app11135943>
- Vargas, M. y Saavedra, A. (2019). Función de antioxidantes en la diabetes mellitus. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/343-numero-40/621-funcion-de-antioxidantes-en-la-diabetes-mellitus.html>
- Yadav, D., y Negi, P. (2021). Bioactive components of mushrooms: Processing effects and health benefits. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 148(110599), 110599. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110599>
- Zhang, K., Pu, Y.-Y., Y Sun, D.-W. (2018). Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Trends in Food Science & Technology*, 78, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.012>



<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a17>

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>

<https://www.facebook.com/avacient>

EXPERIENCIAS EN LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE TURISMO COMUNITARIO EN CHUBURNÁ YUCATAN

Carlos Hermilo De la Cruz Canul-Martínez ¹, Olda Concepción Camargo-Santos²

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Recibido: 14/10/2024 Aceptado: 14/11/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a18>

Resumen.- La presente investigación busca contribuir al turismo comunitario a través de la transferencia de una metodología para la evaluación de la calidad en el servicio en las estancias turísticas de las islas en el puerto de Chuburná en el Municipio de Progreso en Yucatán. Se busca divulgar las experiencias en el proceso de la evaluación de la calidad en el servicio en Isla Delfines mediante la aplicación en el campo de estudio de un cuestionario que mide factores esenciales para determinar la calidad percibida por los turistas. El instrumento se aplicó de manera digital y se abordó a los turistas cara a cara. Con una población finita por registros históricos en las temporadas altas de los meses de julio y agosto del año pasado, se determinó el tamaño de la muestra y los cuestionarios se aplicaron en los meses de julio y agosto del presente año. Se procesó la información utilizando el software estadístico SPSS para el análisis y poder exportar los gráficos para facilitar la comprensión de los mismos. Los resultados definitivos se presentarán en febrero de 2025 y se proporcionará la metodología para los prestadores de servicios continúen midiendo la calidad de la experiencia percibida por los Turistas.

Palabras Clave: Turismo Cultural, Calidad Ambiental, Servicios.

EXPERIENCES IN THE MEASUREMENT OF QUALITY IN THE COMMUNITY TOURISM SERVICE IN CHUBURNÁ, YUCATAN

Abstract. - This research seeks to contribute to community tourism through the transfer of a methodology for the evaluation of the quality of service in tourist experiences on Chuburna, Progreso Islands. The aim is to disseminate experiences in the process of evaluating the quality of service on Dolphin Islands through the application in the field of study of a questionnaire that measures essential factors to determine the quality perceived by tourists. The questionnaire was applied digitally, and tourists were approached face to face. Focused in finite population by historical records, in the high seasons of the months of July and August, the sample size was determined and the questionnaires were applied in the months of July and August of this year. The information was processed using the SPSS statistical software for analysis and to export the graphs to facilitate their understanding. The goal is to empower the community that provides tourist services in Chuburna for their growth and development as business units. The final results will be presented in February 2025 and the methodology will be provided for service community to continue measuring the quality of the experience perceived by Tourists.

Keywords: Cultural Tourism, Environmental Quality, Services.

Introducción

Importancia del turismo en el Estado

La derrama económica estimada por turismo acumulada en el segundo trimestre de 2024 alcanzó los \$6,829.56 millones. En el mes de agosto de 2024, Yucatán recibió un total de 1,600,894 visitantes con pernocta y 184,388 excursionistas, además del arribo de pasajeros en cruceros. Asimismo, el estado contó con 17,073 habitaciones de hospedaje y se registraron 1,929,758 personas visitando las zonas arqueológicas (Observatorio Turístico de Yucatán, 2024).

Importancia de la calidad en el servicio en la industria turística

Los clientes consideran la calidad del servicio como un requisito clave para poder satisfacer sus necesidades, en donde antes ellos se tenían que adaptar a lo que se les ofrecía en comparación con la actualidad que ahora las organizaciones deben de satisfacerlas y en caso de no cumplirlas estas presentan un gran riesgo puesto que baja el nivel de

¹ Profesor Tiempo Completo. Tecnm Instituto Tecnológico Superior Progreso, Perfil Deseable Prodep Vigente . <https://orcid.org/0000-0002-4736-1642>, cdelacruz@itsprogreso.edu.mx

² Profesora. Tiempo completo. Cuerpo Académico Innovación Tecnológica en Administración. Perfil Deseable Prodep Vigente. <https://orcid.org/0000-0003-0856-0355>, ocamargo@itsprogreso.edu.mx (**Autor Corresponsal**).

competitividad con respecto a otras que ofrezcan el mismo servicio en el mercado. (Olvera-García & Castillo-Corral 2020). Asimismo, de acuerdo con Morales (2021) menciona que la calidad en el servicio surge de la necesidad de instrumentar sistemas de aseguramiento de calidad en la cual puedan garantizar que el servicio otorgado cumpla con el de manera efectiva y eficaz a las necesidades de los clientes. Las organizaciones que obtengan la calidad de servicio como una práctica común, como una filosofía interna y como una incorporación como un elemento distintivo a diferencia de sus competidores obtendrán una ventaja competitiva. A lo largo de los años la calidad del servicio ha ido evolucionando puesto que las organizaciones buscan siempre una mejora continua con el fin de lograr satisfacer las necesidades de sus clientes y con ello logren crear clientes fieles, es decir; que estos puedan recomendar a otros su servicio o su bien que la mayoría de las veces les consuman.

El objetivo es divulgar las experiencias durante el proceso de aplicación del instrumento de calidad en el servicio dirigido a prestadores de servicios comunitarios en el caso de estudio de la Isla Delfines.

Contexto e historia del caso de Isla Delfines

Después del paso del huracán Gilberto en 1988 por la península de Yucatán, un río se desbordó, conectándose con el mar y creando una apertura (bocana) de aproximadamente dos kilómetros al oeste del centro de Chuburná. Esta nueva situación llevó a los pescadores a idear la construcción de un refugio pesquero. Ellos mismos comenzaron a colocar estacas y maderas para mantener abierto el canal, que llamaron “Gilberto” en honor al huracán que lo originó.

Con el tiempo, se solicitó apoyo al gobierno federal para la construcción de un muelle que facilitara las actividades pesqueras en la zona. Además, un residente local donó una parte de terreno que actualmente se utiliza para este propósito, lo que contribuyó al desarrollo de la infraestructura pesquera en el área.

En sus inicios, la isla era simplemente un lugar donde los visitantes podían bañarse, sin contar con servicios adicionales. Sin embargo, a medida que aumentaba la demanda, los visitantes comenzaron a pedir estadías más largas y la inclusión de servicios. Originalmente, esta isla solo era un refugio natural para los pescadores locales, quienes la usaban como punto estratégico para su actividad pesquera en el Golfo de México, la cual constituía la principal fuente económica de la región.

Este proyecto nació como respuesta a los problemas que enfrentó la comunidad de Chuburná, en el municipio de Progreso, tras diversas crisis, incluyendo una pandemia, un huracán severo y un evento de marea roja, todos los cuales impactaron duramente la pesca y, por tanto, la economía local. Desde el inicio, la comunidad se comprometió a cuidar y preservar los manglares, conscientes de la importancia de proteger el entorno natural para asegurar la sostenibilidad a largo plazo.

En 2022 se lanzó el primer proyecto llamado Isla Columpios, con el apoyo del Ayuntamiento de Progreso, que buscaba fomentar proyectos de turismo alternativo en la zona. Un año después, en 2023, se fundó la cooperativa Isla Delfines, conformada por cuatro socios.

En la Figura 1, se observa como en el espacio de la isla dentro del agua se han acondicionado camastros, así como el letrero de esta.

Figura 1. Isla delfines.



Nota: elaboración propia (2024).

Así mismo en la Figura 2, se puede apreciar el nombre de la isla que ha sido colocado de tal manera que los visitantes puedan tomarse fotos del recuerdo.

Figura 2. Letrero isla delfines.



Nota: elaboración propia (2024).

En la Figura 3, podemos apreciar algunas de las actividades que realizan los visitantes en Isla delfines.

Figura 3. Estancia en isla delfines.



Nota: elaboración propia (2024).

Marco teórico

Turismo comunitario

A partir de la definición de Zapata et al. (2011), podemos entender que el turismo comunitario hace referencia a una forma de practicar el turismo en la que las comunidades locales son las encargadas de planear, gestionar y controlar la actividad, de tal forma que logran acceder de la forma directa a sus beneficios sociales, culturales y económicos, y conservan los recursos locales.

Así mismo de acuerdo con López-Guzmán y Sánchez Cañizares (2009a), el turismo comunitario se concretaría en tres grandes bloques. En primer lugar existirían los actores principales intervinientes en la planificación turística, a saber, la empresa, los guías, las administraciones locales, las oficinas de turismo; en un segundo bloque, existirían las empresas que dan los servicios directos a los turistas, hoteles, restaurantes; y, por último, un tercer grupo en el que

estarían otra serie de empresas que ayudan a materializar la actividad turística en el destino, como por ejemplo: los transportes, las tienditas de souvenirs o actividades de turismo activo.

Según Maldonado (2005), el turismo comunitario se entiende como un modelo empresarial que se fundamenta en la propiedad compartida y la gestión independiente de los recursos patrimoniales de las comunidades. Este enfoque se distingue por implementar prácticas laborales basadas en la democracia y la solidaridad, además de asegurar una distribución justa de los beneficios generados por las actividades turísticas. Su propósito esencial es facilitar encuentros interculturales enriquecedores entre los visitantes y las comunidades anfitrionas.

Desde la perspectiva de Manyara y Jones (2007), por lo tanto, el turismo comunitario permitiría dar la forma al desarrollo socioeconómico de las Comunidades locales, al mismo tiempo que contribuiría a la preservación de la cultura y el entorno del lugar.

Concepto de calidad en el servicio

Olvera-García y Castillo-Corral (2020) sostienen que los clientes ven la calidad del servicio como un requisito esencial para cubrir sus requerimientos, en contraposición a periodos previos donde los clientes se ajustaban a lo que se les proporcionaba. Hoy en día, las entidades deben satisfacer estas expectativas; de lo contrario, se exponen a perder competitividad ante otras que brinden servicios parecidos en el mercado. Todo lo contrario, Morales (2021) argumenta que un servicio de calidad proviene de la necesidad de implementar sistemas para la garantía de calidad del servicio que aseguren una entrega satisfactoria que responda a las necesidades de los clientes. Así, aquellas organizaciones que adopten la calidad del servicio como una práctica continua, se consideran como una organización. Hoy en día, las entidades deben satisfacer estas expectativas; de lo contrario, se exponen a perder competitividad ante otras que brinden servicios parecidos en el mercado.

Factores que determinan la calidad en el servicio.

De acuerdo con López (2020), la calidad del servicio debe abarcar una serie de factores esenciales para garantizar su eficacia. Dentro de estos elementos se encuentran: alcanzar las metas establecidas; garantizar que el diseño esté vinculado con lo que se proporciona; satisfacer las necesidades y solicitudes de los clientes; asegurar que los resultados se alineen con las expectativas del cliente; comportarse con honestidad y prever las aspiraciones del cliente. Además, resulta crucial fomentar la iniciativa en las acciones y anticiparse a las expectativas del cliente, además de ofrecer respuestas apropiadas y personalizadas para cada circunstancia. Además, es necesario sostener y manejar las emociones de forma adecuada, en función de la circunstancia, para prevenir que impacten en el desenlace. La capacidad analítica es esencial para emplear la tecnología.

EL modelo SERVQUAL

Berry y Parasuraman (2004) explican que Modelo SERVQUAL, medición de la calidad del servicio en el sector de minorista y el sector servicios. El modelo SERVQUAL nace en el año 1988 y tiene múltiples actualizaciones a partir de dicha fecha. La base de este modelo se encuentra en la evaluación del servicio brindado y en la satisfacción de los clientes en cinco dimensiones: La fiabilidad, capacidad de respuesta, seguridad, factores tangibles y entendimiento mutuo. En este sentido, esta herramienta centrada en las percepciones de los consumidores es enormemente útil e incluso se entiende como fundamental para la continua mejora de la experiencia de los clientes.

Zeithaml, V. A., Bitner, M. J. y Gremler, D. D. (2009). *Marketing de los servicios: Integrando la visión del cliente*. En esta obra se destacan las cinco dimensiones del modelo SERVQUAL, concediendo una importancia capital a la confiabilidad, la sensibilidad, la seguridad, la empatía y los tangibles, en la prestación de servicios de calidad.

Beneficios de medir la calidad en el servicio.

De acuerdo con SL (2018), para el cumplimiento de la satisfacción del cliente se agradecen a la empresa un conjunto de beneficios que quedan recogidos en los siguientes términos:

- Primer beneficio: El cliente satisfecho acostumbra a volver a comprar: este beneficio se traduce en comportamiento leal y, además, incrementada probabilidad de realizar ventas futuras bien sea del mismo artículo o de otros productos.
- Segundo beneficio: El cliente satisfecho transmite su experiencia positiva a los terceros, bien sean sus familiares o amigos. Este beneficio de promoción es gratuito, dado que el cliente es el que promueve la marca o el producto.
- Tercer beneficio: El cliente satisfecho tiende a ignorar a sus competidores, de forma que la firma logra la obtención de una buena posición en el mercado.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de este estudio y a través de la investigación documental (García, 2021) de fuentes primarias y secundarias se logró el análisis de factores que determinan la calidad en el servicio. También se consultaron los diferentes modelos que existen para realizar mediciones de los servicios prestados y el nivel de satisfacción en el sector turístico para tener una estructura del instrumento.

Con la información recabada y el análisis del grupo de investigadores se determinó que el modelo SERVQUAL de Parasuraman, Zeithlam y Berry (1988) tenía más semejanza e inclusión de los factores determinantes de la calidad en el servicio de acuerdo con la revisión de la literatura.

Se procedió a adaptar el instrumento del modelo a uno basado al contexto situacional de los prestadores de servicios turísticos comunitarios. El resultado fue sometido a una validación de juicio por tres expertos en turismo y calidad. También se realizó un pilotaje para determinar el estadístico de confiabilidad de Cronbach.

Se optó por un enfoque mixto (Hernández y Mendoza, 2020) que permite una comprensión más completa y profunda de las variables de estudio mediante el uso de datos numéricos y provenientes del contexto. El estudio es de tipo descriptivo (Ochoa-Pachas y Yunkor, 2020) en donde se caracterizan situaciones que permiten comprender la naturaleza y características de lo que se está estudiando por lo que se identifican los factores que se encuentran en el entorno de la variable calidad en el servicio, y que se pueden tomar en consideración para realizar la investigación. Para el método se empleó el estudio de caso (Honores y Llanto, 2021) que permite de manera significativa abordar los aspectos teóricos y prácticos del conocimiento para estudios futuros en poblaciones mayores.

Por lo tanto, para determinar la unidad de observación se tuvo un acercamiento primeramente con los representantes de las cooperativas que operan los servicios turísticos de las islas en la localidad de Chuburná a través de una reunión en donde se les explicó las características del proyecto. Como resultado de este primer contacto, la primera cooperativa que aceptó fue Isla Delfines, con quienes se agendaron reuniones, para empezar a gestionar las facilidades y condiciones para el acceso a la información y a las instalaciones para lograr los objetivos.

La población estuvo delimitada por turistas nacionales que visitaron el atractivo turístico en el periodo comprendido entre los meses de julio y agosto del año 2023 para poder calcular el tamaño de la muestra, dato que arrojó un total de 245 encuestas a aplicar, utilizando la fórmula del cálculo en poblaciones conocidas (Gallego, 2020).

El muestreo para seleccionar a los participantes fue de tipo no probabilístico por conveniencia (Piedra y Manqueros, 2021), dado a la disposición de quien accediera a responder la encuesta, y que de acuerdo con Pereyra y Vayra (2021), es recomendado para estudios en donde no se pretende comprobar una hipótesis, sino más bien, aportar información detallada sobre un fenómeno específico.

Se digitalizó el instrumento a través de *Google Forms* y se abordó al sujeto de estudio al retirarse de su estancia en una modalidad cara a cara para recopilar la información. La aplicación se llevó a cabo en los meses de julio y agosto de 2024 con una periodicidad de tres días en viernes, sábado y domingo, con motivo del aforo y concurrencia de los visitantes durante el fin de semana.

Una vez recopilados los datos se procedió a iniciar con el procesamiento de la información con el apoyo del software estadístico SPSS y se analizarán los resultados a través de gráficas y tablas para facilitar la comprensión de estos. (Hernández y Mendoza, 2020).

Los resultados definitivos se presentarán en el mes de enero del 2025 en resumen ejecutivo a los miembros de la cooperativa con las propuestas de la academia ante los hallazgos detectados.

Conclusiones

La Isla Delfines Tours ubicada en Chuburná Puerto, Yucatán, es una empresa dedicada a ofrecer servicios turísticos y recreativos, especializados en paseos y excursiones por la costa yucateca. Su enfoque está dirigido al turismo local y familiar, con una clara orientación hacia la conservación y apreciación del ambiente natural. La isla promueve un modelo de ecoturismo y opera de manera colaborativa con pescadores locales. A continuación, se detallan sus procesos que en la actualidad tiene:

- Operación de tours: Los recorridos inician en el puerto de abrigo de Chuburná, con rumbo a Sisal, pasando por la laguna denominada La Carbonera, luego hacia el manglar en kayak, y finalmente llegando al manantial Dzul-Ha, donde los visitantes pueden disfrutar de un baño. Al finalizar, se retorna a Isla Delfines Tours para degustar un ceviche.
- Estadía en Isla Delfines Tours: Los visitantes pueden disfrutar de una estadía de dos horas, con acceso a mesas, sillas, palapas, hamacas, camastros y traslado en lancha. Los turistas tienen la opción de llevar su propio alimento o consumir en la isla.
- Actividades acuáticas: La empresa ofrece pesca recreativa, *snorkeling* y exploración de la biodiversidad marina.
- Ecoturismo: Isla Delfines Tours promueve el turismo ecológico, ofreciendo recorridos que permiten a los turistas conocer los ecosistemas marinos y costeros de Yucatán.
- Promoción y marketing local: Utiliza redes sociales y publicidad local para atraer a turistas.
- Mantenimiento del espacio natural: La isla requiere cuidados específicos para preservar su atractivo. Los miembros de la organización se encargan de la limpieza de las áreas naturales y del mantenimiento de las instalaciones turísticas, como palapas y hamacas, para garantizar la conservación del entorno.

En cuanto al aumento del crecimiento residencial, junto a los isleños se encuentra la zona de venta de servicios turísticos en la zona de recepción donde hay ocho islas además de la Isla Columpios. Los isleños de Isla Delfines Tours abordan los vehículos que acceden al refugio pesquero Gilberto para presentarles la oferta turística de la isla y ayudan a que los visitantes sean orientados. Es altamente recomendado a todos los visitantes la utilización de los baños de la zona de recepción antes del acceso a las lanchas porque en la isla no existen servicios de salud. La puesta en práctica del protocolo se desarrolla en estrecha colaboración con C. Lewis Manuel Osorio Pech, un asesor turístico que tiene como objetivo ayudar a que los lancheros se pongan en contacto con los visitantes para que estos puedan vivir una experiencia integral.

Los retos a los que se enfrenta Isla delfines son los siguientes:

1. Cumplir con el 100% de las encuestas necesarias según el tamaño de muestra establecido en cada caso de estudio: Este reto implica asegurarse de que se complete la totalidad de las encuestas planeadas para obtener resultados representativos. Alcanzar este objetivo requiere una planificación cuidadosa y la implementación de estrategias para maximizar la participación de los encuestados.
2. Desarrollar estrategias efectivas para la recopilación de información: Es fundamental proponer y poner en práctica métodos que permitan recoger la información en el momento adecuado. Esto incluye identificar los tiempos y lugares óptimos para realizar las encuestas, de manera que los datos recolectados reflejen con precisión las experiencias y opiniones de los turistas.
3. Acercarse al turista para la realización de la encuesta: Uno de los mayores desafíos en el campo de los estudios turísticos es lograr un acercamiento efectivo con los turistas sin interferir en su experiencia. Para ello, es esencial contar con técnicas de comunicación que permitan captar su interés y motivarlos a participar en la encuesta, garantizando al mismo tiempo que su experiencia no se vea afectada negativamente.
4. Concientizar a los prestadores de servicios turísticos sobre la importancia de las mediciones: Para que estas encuestas sean sostenibles y efectivas, es necesario sensibilizar a los proveedores de servicios turísticos acerca de la importancia de participar en el proceso de recopilación de datos. Al comprender que estos estudios contribuyen a mejorar la calidad de los servicios y la satisfacción de los visitantes, los prestadores de servicios pueden colaborar activamente, proporcionando el contexto adecuado y promoviendo la participación de los turistas en las encuestas.

Referencias bibliográficas

- Berry, L. L., & Parasuraman, A. (2004). *Marketing services: Competing through quality*. Editorial Simon & Schuter.
- Gallego-Galán, I. (2020). Diseño de la investigación: cuestionario y muestra. *Investigación de Mercados I*.
- García Martínez, A. (2021). *Cómo investigar en ciencias sociales: Fundamentos epistemológicos y metodología de la investigación científica* (3.ª ed.). Editorial Paraninfo.

- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.
- Honores, J. L. C., & Llanto, J. Q. (2021). El uso del enfoque del estudio de caso: Una revisión de la literatura. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 5(19), 775-786. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v5i19.236>
- López-Guzmán, T. y Sánchez Cañizares, S. M. (2009) "Turismo comunitario y generación de riqueza en países en vías de desarrollo. Un estudio de caso en el Salvador". *REVESCO: Revista de Estudios Cooperativos*, n° 30, pp. 85-103.
- López, J. V. G. (2020). COMT004PO - Fundamentos de atención al cliente. Editorial Elearning, S.L
- Maldonado, Carlos (2005). Pautas metodológicas para el análisis de experiencias de turismo comunitario, Ginebra, Suiza: Organización Internacional del Trabajo pp.
- Manyara, G. y Jones, E. (20027), "Community-based tourism enterprises development in Kenya: An exploration of their potential as avenues of poverty reduction". *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 15, n° 6, pp. 628- 644
- Morales, J., (2021). Procesos Organizacionales Vinculados A La Gestión De Calidad Del Servicio. *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES*, 5(17), 55-64
- Observatorio Turístico del Estado de Yucatán. (2024). *Informe de tendencias turísticas en Yucatán*. Observatorio Turístico del Estado de Yucatán <https://www.observatoryucatan.org.mx>.
- Ochoa-Pachas, J., & Yunkor Romero, Y. (2020). El estudio descriptivo en la investigación científica. *Universidad Autónoma del Perú*. <http://201.234.119>.
- Olvera-García, K. F., & Castillo-Corral, D. (2020). Análisis de la Calidad del Servicio en Control Escolar de una IES. *Conciencia Tecnológica*, (60).
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). *SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality*. *Journal of Retailing*, 64(1), 12-40.
- Pereyra, L. C., & Vaira, M. (2021). Diseño de Muestreo. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/156720/CONICET_Digital_Nro.765f1689-fa9b-4347-bf51-55265c8d3477_A.pdf?sequence=2
- Piedra, J. A. M., & Manqueros, J. M. C. (2021). El muestreo y su relación con el diseño metodológico de la investigación. *Manual de temas nodales de la investigación cuantitativa. Un abordaje didáctico*, 81.
- SL, D. E. E. (2018). UF0349: ATENCIÓN AL CLIENTE EN EL PROCESO COMERCIAL (ADGG0208) (ADGD0308). ICB, S.L. (Interconsulting Bureau S.L.).
- Zapata, M. J., Hall, C. M., Lindo, P., & Vanderschaeghe, M. (2011). Can community-based tourism contribute to development and poverty alleviation Lessons from Nicaragua. *Current Issues in Tourism*, 00(0), 1–25
- Zeithaml, Valerie; Bitner, Mary Jo; Gremler. (2009). *Marketing de servicios*. México: Mc Graw Hill. Quinta edición



<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a18>

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>

<https://www.facebook.com/avacient>

INNOVACIÓN Y RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA: IMPACTOS EN EL DESEMPEÑO EMPRESARIAL DE LAS MYPES DE BENITO JUÁREZ

Hermelindo Chi Poot¹; Elisa Guillén Arguelles²,
José Román Bracamonte Pacheco³

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 14/10/2024 Aceptado: 14/11/2024

<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a19>

Resumen.- El propósito principal del estudio fue evaluar el impacto de la innovación (IN) y la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) en el desempeño empresarial (DE) de las micro y pequeñas empresas (mypes) ubicadas en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, México. Se empleó una metodología cuantitativa con un diseño no experimental de corte transeccional, iniciando con un enfoque descriptivo y concluyendo con uno explicativo. La investigación se realizó utilizando un cuestionario desarrollado por la Red de Estudios Latinoamericanos en Administración y Negocios (RELAYN), que se aplicó a una muestra de 384 mypes, entre febrero y marzo de 2024. Los resultados muestran evidencia empírica que confirma una relación positiva significativa entre la IN y DE ($\rho = 0.141$); asimismo, se comprueba que también existe una relación positiva entre la RSC y la IN ($\rho = 0.319$). Las empresas con un mayor compromiso con la RSC tienen significativamente mayores probabilidades de implementar innovaciones ($\chi^2 = 41.224$, $p = .001$), aunque no se identificó una relación directa significativa entre la RSC y el DE. Sin embargo, estos hallazgos refuerzan la importancia de la RSC como un facilitador indirecto de la innovación, que a su vez puede impactar positivamente en el desempeño empresarial.

Palabras Clave: Benito Juárez, Desempeño empresarial, Innovación, Mypes, Responsabilidad Social Corporativa.

INNOVATION AND CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY: IMPACTS ON BUSINESS PERFORMANCE IN MSES OF BENITO JUÁREZ

Abstract.- The main purpose of the study was to evaluate the impact of innovation (IN) and Corporate Social Responsibility (CSR) on the business performance (BP) of micro and small enterprises (MSEs) located in the municipality of Benito Juárez, Quintana Roo, Mexico. A quantitative methodology was employed with a non-experimental cross-sectional design, starting with a descriptive approach and concluding with an explanatory one. The research was conducted using a questionnaire developed by the Latin American Network for Administration and Business Studies (RELAYN), which was applied to a sample of 384 MSEs between February and March 2024. The results show empirical evidence confirming a significant positive relationship between IN and BP ($\rho = 0.141$); furthermore, it was also found that there is a positive relationship between CSR and IN ($\rho = 0.319$). Companies with a greater commitment to CSR are significantly more likely to implement innovations ($\chi^2 = 41.224$, $p = .001$), although no significant direct relationship was identified between CSR and BP. However, these findings reinforce the importance of CSR as an indirect facilitator of innovation, which in turn might positively impact business performance.

Keywords: Benito Juárez, Business performance, Innovation, MSEs, Corporate Social Responsibility.

Introducción

Las micro y pequeñas empresas desempeñan un rol clave en el crecimiento económico y social a nivel global, aportando considerablemente al PIB, generando empleo y ayudando en la distribución de la riqueza (Sutrisno et al., 2024; Hasan et al., 2024). Según el informe del Banco Mundial (2022), estas empresas generan entre el 50% y 60% del empleo total en los países en desarrollo, convirtiéndolas en un motor clave del crecimiento inclusivo. Por otra parte, la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2023) subraya que las mypes emplean a más de dos tercios de la fuerza laboral mundial, contribuyendo a incrementar el PIB y a reducir la pobreza, a pesar de enfrentar retos como la baja

¹ Doctor en Administración. Profesor de Tiempo Completo del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Cancún. Miembro SNII nivel Candidato. hermelindo.cp@cancun.tecnm.mx, <https://orcid.org/0000-0002-9010-5353> (**Autor correspondiente**).

² Doctora en Auditoría Ambiental de Empresas Turísticas. Profesora Investigadora del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Cancún. Miembro SNII nivel I. elisa.ga@cancun.tecnm.mx, elisaguillenster@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-3027-3646>

³ Maestro en Administración. Profesor de Tiempo Completo del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Cancún. Perfil PRODEP. jose.bp@cancun.tecnm.mx, <https://orcid.org/0000-0001-6701-6996>

productividad y las malas condiciones de trabajo. En Latinoamérica, las mypes representan una parte significativa del tejido empresarial, siendo responsables de más del 99% del total de empresas y principales actores para la generación de empleo y disminución de la pobreza, según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022).

En México, las mypes son cruciales para el desarrollo económico, pues constituyen el 99 % del total de unidades productivas y promueven el desarrollo regional e impactan positivamente en la vida social (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2024); en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, el 99.32% de todas las unidades económicas registradas son mypes (INEGI, 2023). Estas empresas son clave para la generación de empleo y el crecimiento económico local. Sin embargo, para mantenerse competitivas, deben integrar estrategias de innovación y responsabilidad social corporativa que les permitan mejorar su desempeño empresarial y fortalecer su sostenibilidad a largo plazo.

Estudios recientes como el realizado por Devita et al. (2024), destacan que las mypes no solo son fundamentales para el impulso del crecimiento económico regional mediante la creación de empleos, la reducción del desempleo y el fortalecimiento de la inclusión económica en diversas regiones, sino que también desempeñan un papel crucial en el aumento de la competitividad mediante la innovación de productos y la contribución a los ingresos locales, así como a la promoción de la equidad social y económica. También impulsan el crecimiento de las industrias de apoyo, como la logística, el marketing y el comercio mayorista, creando en última instancia un ecosistema empresarial más abierto y sustentable, y facilitan la distribución más equitativa de los ingresos en estas economías, actuando como un motor para el crecimiento inclusivo y el desarrollo sostenible.

En este sentido, la generación de empleo a nivel local por parte de las mypes es un factor clave para reducir las desigualdades, especialmente en economías emergentes como la de México, donde el crecimiento inclusivo y el desarrollo sostenible son objetivos prioritarios. Al crear oportunidades laborales en las regiones, las mypes contribuyen a la equidad social y económica, fortaleciendo así el impacto positivo que ya tienen en la economía local mediante la innovación, la competitividad y la promoción de la inclusión económica.

En esta misma línea, la innovación en procesos y productos, así como la RSC, juegan un papel crucial en el éxito de las mypes. Según el Banco Mundial (2022), la innovación tecnológica permite a las mypes mejorar su eficiencia operativa, reducir costos y acceder a nuevos mercados, lo cual es fundamental en entornos competitivos como el de Quintana Roo. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico [OECD] (2023) también sostiene que aquellas mypes que implementan prácticas de innovación son más resilientes ante crisis económicas y logran incrementar su participación en cadenas de valor globales. En cuanto a la Responsabilidad Social Corporativa, estudios recientes, como el informe de la International Chamber of Commerce (ICC, 2024), destacan que las empresas que adoptan prácticas responsables en términos ambientales y sociales no solo mejoran su reputación, sino que también logran mayores niveles de lealtad entre sus clientes y mejoran su acceso a financiamiento. De igual forma, otro estudio realizado por Malpani et al. (2024), destaca que las prácticas de RSC estimulan la creatividad organizacional, la resolución de problemas y el pensamiento estratégico de las empresas y pueden fomentar una cultura de innovación que genere valor a largo plazo e influya positivamente en la planificación financiera. La OIT (2023) afirma que la integración de la RSC en las operaciones de las mypes es un factor clave para atraer inversión y fomentar la sostenibilidad empresarial, lo que impacta directamente en sus resultados financieros.

En el contexto de Benito Juárez, Quintana Roo, México, la adopción de estas prácticas es aún más relevante debido a la naturaleza del entorno económico, que depende fuertemente de sectores como el turismo y los servicios. Bahta et al. (2021) señalan que la RSC tiene un efecto positivo y significativo en el desempeño financiero y la capacidad de innovación de las mypes. Además, encontraron que esta última, a su vez, tiene un efecto positivo y significativo en el desempeño empresarial de las mypes y que actúa como un mediador parcial en la relación entre la RSE y el DE. Las mypes pueden utilizar también la RSC para mejorar y promover su crecimiento potencial, incluso hasta alcanzar el nivel de empresa multinacional (Seeletse, 2024).

Este panorama subraya la necesidad de evaluar cómo la innovación y la RSC interactúan para mejorar el desempeño empresarial de las mypes. Un análisis exhaustivo permitirá identificar áreas clave de mejora y estrategias que impulsen tanto la sostenibilidad como el crecimiento económico de estas organizaciones. En este sentido, el estudio se fundamenta principalmente en la teoría de los recursos y capacidades, que sostiene que las empresas que desarrollan y gestionan recursos valiosos, raros, inimitables y no sustituibles pueden lograr una ventaja competitiva sostenida

(Barney, 1991; Teece et al., 1998; Hoskisson et al., 2018; Barney & Hesterly, 2019). Esta teoría ha evolucionado para incluir el concepto de capacidades dinámicas, las cuales permiten a las organizaciones adaptarse y renovarse en respuesta a cambios en el entorno competitivo, además de considerar la influencia de contextos institucionales en la creación de ventajas competitivas sostenibles. Otra teoría que se relaciona con el estudio es la teoría de contingencia, que señala que no existe un enfoque único para la gestión organizacional y que las decisiones y estrategias deben adaptarse al contexto específico en el que operan las empresas (Fiedler, 1964; De Antoni, 2020). En este tenor, es fundamental que las mypes en Benito Juárez concentren sus esfuerzos en maximizar sus recursos y capacidades, así como ajustar las decisiones sobre innovación y Responsabilidad Social Corporativa en función de factores contingentes como su tamaño, sector y entorno competitivo para mejorar su desempeño empresarial. Con base en estos fundamentos teóricos, el objetivo general de este estudio es evaluar el impacto de la innovación y la RSC en el desempeño empresarial de las mypes del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, México. Para su logro, se establecieron los objetivos específicos que a continuación se mencionan:

1. Determinar la existencia de una relación significativa entre la innovación (IN) y los resultados del desempeño empresarial (DE) en las mypes de Benito Juárez, Quintana Roo.
2. Determinar si existe una relación significativa entre la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) y la IN en las mypes de Benito Juárez, Quintana Roo.
3. Determinar si hay una relación significativa entre la RSC y los resultados del DE en las mypes de Benito Juárez, Quintana Roo.
4. Identificar en qué niveles de los pares de variables que resultaron significativos se observan diferencias relevantes en el comportamiento de las mypes de Benito Juárez, Quintana Roo.
5. Analizar cómo el nivel de compromiso de las mypes con la RSC influye en la probabilidad de obtener altos niveles de innovación, mediante un análisis de regresión logística.
6. Analizar cómo los diferentes niveles de IN influyen en la probabilidad de obtener diferentes niveles de desempeño empresarial en las mypes, mediante un análisis de regresión logística.

A partir de los objetivos específicos planteados, se derivaron las siguientes hipótesis, fundamentadas en la revisión de la literatura (Forcadell et al., 2021; Fitriati et al., 2020; Sumiati, 2020).

- H₁: Existe una relación significativa entre la innovación (IN) y los resultados del desempeño empresarial (DE) en las mypes de Benito Juárez, Quintana Roo.
- H₂: Existe una relación significativa entre la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) y la IN en las mypes de Benito Juárez, Quintana Roo.
- H₃: Existe una relación significativa entre la RSC y los resultados del desempeño empresarial (DE) en las mypes de Benito Juárez, Quintana Roo.
- H₄: La RSC tiene un efecto positivo en la IN de las micro y pequeñas empresas del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. A medida que las empresas implementan prácticas de RSC, se espera que su capacidad para innovar aumente.
- H₅: La IN tiene un efecto positivo en el DE de la micro y pequeñas empresas del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. A medida que las empresas tengan altos niveles de innovación, se espera que obtenga altos niveles en sus resultados de desempeño empresarial.

Materiales y métodos

El cuestionario utilizado para evaluar el impacto de la IN y de la RSC en los resultados del desempeño empresarial, cumplió con los estándares de validez y confiabilidad. La validez de constructo fue verificada mediante un análisis de componentes principales con rotación Varimax. Los resultados del análisis factorial, obtenidos a través de la matriz de componentes rotados, fueron consistentes con los factores teóricos propuestos. En la solución final, los *eigenvalues* mayores a 1 revelaron la existencia de tres factores que agrupan un total de 11 ítems: Factor 1 (innovación), Factor 2 (desempeño empresarial) y Factor 3 (RSC). Esta solución se alcanzó en cuatro iteraciones y explicó el 64.57% de la varianza. La prueba de esfericidad de Bartlett fue significativa (1611.105, gl = 55, Sig. = .001), y el índice de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO = .801) indicó una buena correlación entre las variables, permitiendo que el análisis detectara patrones significativos (Dehisat & Awang, 2020). La confiabilidad del instrumento fue evaluada mediante los coeficientes Alfa de Cronbach y Omega de McDonald (ver Tabla 1), obteniéndose valores superiores a .800, que los sitúa en un rango aceptable (Revelle, 2009; McNeish, 2018; Hayes & Coutts, 2020). Los datos se procesaron utilizando técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales con el apoyo de los programas IBM SPSS versión 22, G*Power 3.1 y Microsoft Excel.

Tabla 1. Resumen de factores para el análisis factorial exploratorio de la relación entre la innovación, los resultados del desempeño empresarial y la Responsabilidad Social Corporativa en mypes de Benito Juárez

	IN	DE	RSC
Rango.	1-5	1-5	1-5
Media.	3.14	3.61	3.88
Desviación estándar.	.983	.681	.874
Varianza explicada.	35.22 %	16.91 %	12.44 %
Alfa de Cronbach (α) por cada variable.	.856	.735	.681
Omega de Mc Donald (ω) por cada variable.	.860	.803	.694
Alfa de Cronbach (α) general.		.806	
Omega de Mc Donald (ω) general.		.819	
15c) Desarrollo o pago para innovar la forma en la que vendo mi producto o servicio (diseño, envase, promoción, forma de cotizar, etcétera.).	.870		
15b) Desarrollo o pago para innovar mis productos o servicios que ofrezco.	.855		
15a) Desarrollo o pago para innovar mis procesos de producción o distribución.	.834		
15d) Desarrollo o pago para innovar la forma en la que organizo mi empresa.	.793		
15e) Asisto a ferias, cursos, congresos o a otras actividades relacionadas con el negocio.	.555		
20a) Tenemos políticas y procedimientos para el respeto a los derechos humanos y para evitar complicidad en actos contra los derechos civiles, económicos, sociales, laborales y para evitar la discriminación.			.778
20b) En mi empresa procuramos prevenir la contaminación y la producción de desechos que impactan el ecosistema; así como reciclar y cuidar el medio ambiente.			.760
20c) En mi empresa procuramos el bienestar del personal empleado, escuchando sus necesidades, dándoles un ambiente seguro, acceso a servicios de salud y una vida personal balanceada.			.741
6b. Utilidades anuales.		.900	
6a. Ventas anuales.		.899	
6c. Número de empleados.		.576	

Nota. Las preguntas 20d, 20e y 20f, fueron eliminadas debido a que miden una dimensión diferente o no relevante para los constructos propuestos. Elaboración propia con base en SPSS V22.

El diseño de la investigación adoptó un enfoque cuantitativo, no experimental y de tipo transeccional, iniciando con un alcance descriptivo, correlacional, causal y concluyendo con un enfoque explicativo. La población de estudio estuvo conformada por micro y pequeñas empresas del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, México. Para obtener datos sobre la innovación, la Responsabilidad Social Corporativa y el desempeño empresarial, se encuestó a los directivos de estas empresas, quienes cuentan con un conocimiento detallado de las prácticas y resultados organizacionales. La población objetivo incluyó 29,292 mypes, según el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas [DENUE] (INEGI, 2024). La selección de empresas se basó en el número de empleados, siguiendo los criterios de la Secretaría de Economía (2009): para microempresas, de 1 a 10 empleados, y para pequeñas empresas del sector comercio, 11 a 30 empleados, y del sector industrial y de servicios, de 11 a 50 empleados. Se utilizó la fórmula para poblaciones finitas para determinar el tamaño de la muestra, con un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 5% y valores de p y q de 0.5. El cálculo resultó en una muestra mínima de 379 directivos, aunque finalmente se recopilaron 384 respuestas válidas, superando el tamaño requerido.

Respecto al tipo de muestreo, se empleó un método no probabilístico de conveniencia, basado en la disponibilidad y accesibilidad de los elementos de la población objetivo (Etikan et al., 2015; Saunders et al., 2019). Los datos fueron recolectados utilizando el cuestionario de la investigación anual de la Red de Estudios Latinoamericanos en Administración y Negocios (RELAYN), que se aplicó entre febrero y marzo de 2024 a los directivos de las mypes. Para contextualizar el análisis de este estudio, es importante aclarar los conceptos relacionados con las variables investigadas. La innovación, en este contexto, se refiere al proceso mediante el cual las empresas desarrollan y adoptan

nuevas ideas, procesos, productos o servicios para mejorar su competitividad y adaptarse a un entorno dinámico. Esta capacidad de innovación puede ser determinante para el crecimiento y el éxito empresarial (Dziallas & Blind, 2019; OECD, 2018). Por otro lado, el desempeño empresarial, entendido como el grado en que una empresa alcanza sus objetivos estratégicos, tanto en términos financieros como operacionales, depende de varios factores internos y externos, incluyendo la innovación y el entorno competitivo (Restrepo-Morales et al., 2024). Finalmente, la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) se refiere a las acciones que una empresa lleva a cabo para contribuir al bienestar social y ambiental, lo cual, a su vez, puede influir positivamente en su desempeño y en la percepción de valor por parte de los *stakeholders* (Martínez-Conesa et al., 2017).

En cuanto a la operacionalización de las variables, la innovación se midió a través de cinco ítems tomados de la sección cuatro del cuestionario, dedicada a los procesos del sistema, específicamente de los ítems 15a a 15e. Para la Responsabilidad Social Corporativa (RSC), se tomaron los ítems del bloque cinco, enfocado en los resultados del sistema, utilizando únicamente los ítems 20a, 20b y 20c, los otros tres fueron eliminados durante el Análisis Factorial Exploratorio (AFE), debido a que, como se señaló en la Tabla 1, miden una dimensión diferente o no relevante para los constructos propuestos. Los directivos respondieron a ambas variables utilizando una escala de Likert de 5 puntos, donde 1 indica 'Totalmente en desacuerdo' y 5 'Totalmente de acuerdo'. Para evaluar el desempeño empresarial, se seleccionaron tres ítems que analizan aspectos como las ventas, utilidades y la variación en el número de empleados durante los últimos 12 meses, usando la pregunta 6 de la sección 1, que recoge datos sobre la empresa y/o el director(a), también en una escala de cinco niveles, que va de 1 "Disminuyeron mucho" a 5 "Aumentaron mucho" (Peña y Aguilar, 2023). La aplicación del instrumento se llevó a cabo de forma presencial y a través de la plataforma en línea de Redes de Estudios Latinoamericanos (RedesLA).

Resultados

Los datos más relevantes obtenidos a partir del análisis descriptivo se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2. Características sociodemográficas de los participantes: empresario(a) y empresa (n = 384)

Característica	N	Porcentaje	Característica	N	Porcentaje
Sexo			Edad de los empresarios (en años)		
Hombre	221	57.6 %	Jóvenes (17-29)	53	13.8 %
Mujer	163	42.4 %	Adultos (30-64)	308	80.2 %
			Adultos mayores (>64)	23	6.0 %
Nacionalidad del empresario			Antigüedad de la empresa (en años)		
Mexicana	378	98.4 %	Jóvenes (1-10)	246	64.1 %
Extranjera	6	1.6 %	Maduras (>10)	138	35.9 %
Giro			Tamaño de empresa por número de empleados		
Comercio	211	54.9 %	Micro (0-10)	355	92.4 %
Manufactura	8	2.1 %	Pequeña-Comercio (11-30)	13	3.4 %
Servicios	165	43.0 %	Pequeña-Industria y servicios (11-50)	16	4.2 %

Nota. Elaboración propia utilizando SPSS.

Para determinar la prueba estadística adecuada para validar las hipótesis, se realizó inicialmente una prueba de independencia entre las variables categóricas analizadas (escala de Likert), utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Al obtener un p-valor de .001 para todas las variables, se concluyó que los datos no siguen una distribución normal, lo que llevó a la aplicación de técnicas estadísticas no paramétricas (Mishra et al., 2019).

Para dar respuesta a los primeros tres objetivos específicos y comprobar sus hipótesis, se recategorizaron las escalas de Likert de cinco niveles a tres en todas las variables. En cuanto al desempeño empresarial, las categorías fueron: bajo rendimiento, rendimiento estable y alto rendimiento; en la innovación, las categorías fueron: bajo nivel de innovación, innovación moderada y alto nivel de innovación y en RSC se usaron: bajo compromiso, compromiso moderado y alto compromiso. Dado que todas las variables eran ordinales, se aplicaron la prueba Chi-cuadrado de Pearson y la prueba exacta de Fisher para aquellas tablas con recuentos esperados menores a 5 en más del 20% de las celdas, como se recomienda en estos casos (McHugh, 2013). Los resultados de estas pruebas se muestran en la Tabla 3, e incluyen el tamaño del efecto y la potencia estadística ($1-\beta$). Esta última permite evaluar si los datos de la muestra se pueden generalizar, siendo un valor de $\geq .800$ indicativo de una potencia adecuada (McHugh, 2013; Cohen, 2013; Faul et al., 2007).

Tabla 3. Resultados de las pruebas de hipótesis con Chi-Cuadrado y Prueba Exacta de Fisher y potencia estadística para las relaciones entre innovación, RSC y DE (n = 384)

Hipótesis	χ^2	gl	p-valor	w	(1 - β)	Aceptación / Rechazo
H ₁ : IN $\leftrightarrow$ DE	10.947 _a	4	.027**	0.178 (pequeño)	0.733	Acepta
H ₂ : RSC $\leftrightarrow$ IN	41.224 _b	4	.001***	0.384 (mediano)	0.999	Acepta
H ₃ : RSC $\leftrightarrow$ DE	6.589 _c	4	.159	0.124 (pequeño)	0.684	Rechaza

Nota. _a. 2 casillas (22.2%) con recuento menor que 5 (mínimo esperado 2.81). _b. 3 casillas (33.3%) con recuento menor que 5 (mínimo esperado 1.88). _c. 3 casillas (33.3%) con recuento menor que 5 (mínimo esperado 0.25). Se utilizó la Prueba Exacta de Fisher para interpretar resultados con recuentos pequeños. w=Tamaño del efecto, 1 - β = Potencia estadística. Diferencias estadísticamente significativas en p-valor:

(^{*}): p<0.1; (^{**}): p<0.05; (^{***}): p<0.01; () no significativa. Elaboración propia usando SPSS y G*Power.

Con base en estos resultados, se procedió a determinar la correlación entre las variables que tuvieron una relación significativa, con la finalidad de conocer la intensidad y el sentido de la asociación que tienen. Se aplicó el Test de correlación Rho de Spearman. En la Tabla 4 se observa que entre IN y DE existe una relación positiva débil ($\rho=.141$) y el coeficiente de correlación $\rho=.319$, sugiere una relación positiva moderada entre la RSC y la innovación. En ambos pares de variables, el p-valor fue < .05, lo que indica que son significativos.

Tabla 4. Correlación de Spearman para las variables innovación, Responsabilidad Social Corporativa y desempeño empresarial (n = 384)

Variables	Valor Spearman rho (ρ)	p-valor
IN $\leftrightarrow$ DE	.141	.006 < .05
RSC $\leftrightarrow$ IN	.319	.001 < .05

Nota. Elaboración propia usando SPSS.

Para responder al cuarto objetivo, se aplicó la prueba Z de proporciones como método *post hoc* de la Chi-cuadrado, con el fin de identificar en qué niveles de IN y DE, así como RSC e IN, se presentan diferencias significativas (ver Tablas 5 y 6).

Tabla 5. Niveles de innovación implementadas por las mypes con diferencias en proporciones en resultados del desempeño empresarial, medido en puntuaciones Z (n = 384)

		Desempeño empresarial (DE)			Total
		Bajo rendimiento	Rendimiento estable	Alto rendimiento	
Innovación (IN)	Bajo nivel de innovación	5 _a	34 _a	51 _a	90
	Innovación moderada	3 _a	62 _a	105 _a	170
	Alto nivel de innovación	4 _{a, b}	28 _b	92 _a	124
Total		12	124	248	384

Nota. Cada letra del subíndice "a" y "b", indican que dentro de cada fila (nivel de innovación) las proporciones para cada columna de desempeño empresarial (bajo, estable y alto rendimiento) son significativamente diferentes. En este caso, empresas con alto nivel de innovación tienden a concentrarse más en la categoría de "alto rendimiento" (92 empresas) y menos en "rendimiento estable" (28 empresas), lo que refleja una tendencia positiva en el desempeño empresarial cuando las empresas innovan más. Elaboración propia usando SPSS.

Tabla 6. Niveles de RSC adoptadas por mypes con diferencias en proporciones en los niveles de innovación, medido en puntuaciones Z (n = 384)

		Innovación (IN)			Total
		Bajo nivel de IN	Innovación moderada	Alto nivel de IN	
RSC	Bajo compromiso	5 _a	2 _b	1 _b	8
	Compromiso moderado	39 _a	47 _b	12 _c	98
	Alto compromiso	46 _a	121 _b	111 _c	278
Total		90	170	124	384

Nota. Cada letra del subíndice "a" y "b", indican que dentro de cada fila de la RSC las proporciones para cada columna de IN son significativamente diferentes. Elaboración propia usando SPSS.

Para dar respuesta al quinto objetivo, se utilizó un modelo de regresión logística multinomial para evaluar el efecto de RSC sobre la probabilidad de ocurrencia de las categorías de IN. El modelo fue estadísticamente significativo $X^2=42.153$, $p=.001 < .05$ y explicó el 11.80 % ($R^2=0.118$) de las categorías de la variable dependiente, lo que indica que la RSC influye de manera significativa en la innovación, comprobándose la hipótesis cuatro. A continuación, se resumen los principales hallazgos de la Tabla 7 con relación a los valores de predicción y Odds Ratio:

Bajo nivel de innovación vs alto nivel de innovación:

- Bajo compromiso con la RSC. Tiene un Exp(B) de 12.065, que significa que las empresas con bajo compromiso de RSC tienen 12 veces más probabilidades de tener un bajo nivel de innovación en comparación con aquellas con alto compromiso de RSC (categoría de referencia). Este resultado es estadísticamente significativo.
- Compromiso moderado con la RSC. Tiene un Exp(B) de 7.842, que indica que las empresas con un compromiso moderado de RSC tienen 7.8 veces más probabilidades de estar en el nivel bajo de innovación comparado con las que tienen alto compromiso de RSC. También es estadísticamente significativo.

Innovación moderada vs alto nivel de innovación:

- Bajo compromiso con la RSC. Tiene un Exp(B) de 1.835 e indica que las empresas con bajo compromiso de RSC tienen 1.83 veces más probabilidades de estar en un nivel moderado de innovación en comparación con aquellas con alto compromiso de RSC. Sin embargo, este resultado no es estadísticamente significativo ($p = .622$).
- Compromiso moderado con la RSC. Tiene un Exp(B) de 3.593, es decir, que las empresas con compromiso moderado de RSC tienen 3.59 veces más probabilidades de tener innovación moderada en comparación con las de alto compromiso de RSC. Este resultado es estadísticamente significativo.

Tabla 7. Efecto de la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) en los niveles de Innovación (IN): Resultados de la regresión logística multinomial

	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	IC 95% para Exp(B)
Bajo nivel vs Alto nivel de IN							
Intercepto	-.881	.175	25.236	1	.001***		
Bajo compromiso con la RSC	2.490	1.109	5.039	1	.025**	12.065	[1.372, 106.133]
Compromiso moderado con la RSC	2.060	.374	30.358	1	.001***	7.842	[3.769, 16.316]
Innovación moderada vs Alto nivel de IN							
Intercepto	.086	.131	.431	1	.512		
Bajo compromiso con la RSC	.607	1.232	.243	1	.622	1.835	[.164, 20.514]
Compromiso moderado con la RSC	1.279	.349	13.421	1	.001***	3.593	[1.813, 7.122]

Nota. La categoría de referencia es alto nivel de innovación para la variable dependiente, mientras que Alto compromiso con la RSC es la referencia para la variable independiente. Variaciones significativas desde el punto de vista estadístico: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***) : $p < 0.01$; () no significativa. Exp(B): Odds Ratio (OR); IC 95%: Intervalo de confianza del 95 %; en negrita, valores relevantes. $R^2=.104$ (Cox y Snell), .118 (Nagelkerke). Elaboración propia usando SPSS.

Para dar respuesta al sexto objetivo, se realizó otro modelo de regresión logística multinomial para evaluar el efecto de la IN sobre la probabilidad de ocurrencia de las categorías de DE. El modelo fue estadísticamente significativo $X^2=11.122$, $p=.025 < .05$ y explicó el 3.70 % ($R^2=0.037$) de las categorías del DE, lo que indica que la IN influye de manera significativa en el los resultados del DE, comprobándose la hipótesis cinco. Los resultados más importantes de la Tabla 8 sobre valores de predicción y Odds Ratio se exponen a continuación:

Bajo rendimiento vs Alto rendimiento:

- Bajo nivel de innovación. El Odds Ratio (Exp(B)) es 2.255 y significa que las empresas con un bajo nivel de innovación tienen 2.25 veces más probabilidades de tener un bajo rendimiento en comparación con aquellas que tienen un alto nivel de innovación, pero este resultado no es estadísticamente significativo.
- Innovación moderada. El Odds Ratio (Exp(B)) es 0.657 e indica que las empresas con un nivel moderado de innovación tienen una probabilidad 35% menor ($1 - 0.657$) de tener un bajo rendimiento en comparación con aquellas con un alto nivel de innovación. Sin embargo, este resultado tampoco es estadísticamente significativo.

Rendimiento estable vs Alto rendimiento:

- Bajo nivel de innovación. El Odds Ratio (Exp(B)) es 2.190, que se refiere a que las empresas con un bajo nivel de innovación son 2.19 veces más propensas a tener un rendimiento estable en lugar de alto rendimiento, en comparación con las empresas con un alto nivel de innovación. Este resultado es estadísticamente significativo.
- Innovación moderada. El Odds Ratio (Exp(B)) es 1.940 e indica que las empresas con un nivel moderado de innovación son 1.94 veces más propensas a tener un rendimiento estable en lugar de alto rendimiento, en comparación con aquellas que tienen un alto nivel de innovación. Este resultado también es estadísticamente significativo.

Tabla 8. Efecto de la Innovación (IN) en los Niveles de Desempeño Empresarial (DE): Resultados de la regresión logística multinomial.

	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	IC 95% para Exp(B)
Bajo rendimiento vs Alto rendimiento							
Intercepto	-3.135	.511	37.687	1	.001***		
Bajo nivel de innovación	.813	.693	1.376	1	.241	2.255	[.580, 8.773]
Innovación moderada	-.420	.777	.292	1	.589	.657	[.143, 3.013]
Rendimiento estable vs Alto rendimiento							
Intercepto	-1.190	.216	30.378	1	.001***		
Bajo nivel de innovación	.784	.309	6.431	1	.011**	2.190	1.195, 4.015]
Innovación moderada	.663	.269	6.081	1	.014**	1.940	[1.146, 3.286]

Nota. La categoría de referencia es alto rendimiento para la variable dependiente, mientras que alto nivel de innovación es la referencia para la variable independiente. Variaciones estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***) : $p < 0.01$; () no significativa. Exp(B) = Odds Ratio (OR). IC 95 %: Intervalo de confianza del 95 %; en negrita, valores relevantes. $R^2 = .029$ (Cox y Snell) y .037 (Nagelkerke). Elaboración propia usando SPSS.

Discusión

Los hallazgos de este estudio indican que existe una relación positiva significativa entre la innovación y el desempeño empresarial (H1). Este resultado se alinea con investigaciones recientes que sugieren que la innovación es un determinante clave del rendimiento empresarial. Por ejemplo, un estudio de Farida & Setiawan (2022) encontró que la innovación mejora la ventaja competitiva al impulsar la eficiencia operativa y la calidad del producto, y a su vez mejora indirectamente los resultados financieros. En este estudio, la innovación se considera un elemento mediador en la conexión entre la estrategia empresarial y la ventaja competitiva, lo cual destaca su relevancia para lograr el éxito a largo plazo. Similarmente, Zahra y George (2002) argumentan que la capacidad de una empresa para innovar influye directamente en su capacidad para lograr ventajas competitivas sostenibles.

Los resultados de H₂ revelan una relación positiva y moderada entre la RSC y la innovación. La literatura respalda esta conexión; por ejemplo, el trabajo de Yuan et al. (2023) muestra que las empresas con un fuerte compromiso hacia la RSC son más propensas a adoptar prácticas innovadoras, lo que a su vez les puede hacer que se posicionen mejor en el mercado. Además, el estudio de Omidvar y Palazzo (2023) destaca que la RSC no solo potencia la innovación, sino que también contribuye al desarrollo de modelos de negocio más sostenibles, lo cual es crucial para las pymes en un entorno empresarial cambiante.

Aunque este estudio no encontró una relación significativa entre la RSC y el desempeño empresarial (H3), investigaciones previas sugieren que la influencia de la RSC puede depender de otros factores. Por ejemplo, Omidvar y Palazzo (2023) encontraron que la RSC impacta en el desempeño empresarial en pequeñas y medianas empresas, pero a través de la ventaja competitiva y la innovación en el modelo de negocio. Estos resultados apoyan la idea de que el efecto de la RSC no es directo, sino que está mediado por otros elementos estratégicos de la empresa. De forma similar, Martínez-Conesa et al. (2017) señalan que el impacto de la RSC en el desempeño puede ser mediado por la innovación, lo cual sugiere que las empresas que incluyen a la RSC en sus estrategias innovadoras pueden mejorar su desempeño. En este contexto, los resultados de este estudio pueden estar reflejando la ausencia de innovación como mediador, y explicar que no existe una relación directa significativa entre la RSC y el desempeño empresarial en las empresas estudiadas.

Los datos sugieren que las empresas con bajo y moderado compromiso con la RSC tienen significativamente más probabilidades de mostrar bajos niveles de innovación (H₄). Esta conclusión es respaldada por estudios que demuestran

que las prácticas de RSC pueden estimular la creatividad y la innovación en las empresas. Un estudio realizado por Ejoh & Omoile (2023) descubrieron que la RSE ha influido positivamente en la motivación y el compromiso de los empleados, lo que ha llevado a un mayor comportamiento innovador y recomiendan que las organizaciones prioricen las prácticas de RSE para impulsar la innovación y la creatividad.

Los hallazgos indican que las empresas con bajo y moderado nivel de innovación tienen mayores probabilidades de experimentar un rendimiento estable (H5). Este resultado es consistente con el estudio de Prado y Aguilar (2021), que sostiene que las prácticas de innovación tienen mayor impacto en la productividad de las mypes. Sin embargo, las empresas que no logran innovar adecuadamente corren el riesgo de estancarse y no alcanzar su máximo potencial de rendimiento.

Conclusiones

Este estudio ofrece evidencia empírica robusta sobre el efecto de la innovación y la Responsabilidad Social Corporativa en el rendimiento empresarial de micro y pequeñas empresas en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. La muestra de empresas y empresarios analizados en este estudio está compuesta principalmente por hombres adultos mexicanos que lideran microempresas jóvenes en su mayoría pertenecientes a los sectores comercial y de servicios. Este perfil sugiere que quienes toman decisiones dentro de estas empresas tienen una significativa experiencia laboral y refleja un entorno empresarial compuesto principalmente por negocios locales de tamaño reducido con predominancia en el sector terciario de la economía. Esta configuración puede influir directamente en las dinámicas de innovación, ya que, al tratarse de microempresas, los recursos para invertir en actividades innovadoras pueden ser limitados, lo que podría afectar su desempeño empresarial.

En cuanto a las relaciones significativas entre variables:

- Innovación y Desempeño Empresarial (H₁): Los resultados de la Prueba de Chi-cuadrado ($\chi^2 = 10.947$, $p = .027$) y la correlación de Spearman ($\rho = 0.141$, $p = .006$) indican que existe una relación positiva significativa entre la innovación y el desempeño empresarial. Sin embargo, el tamaño del efecto es pequeño ($w = 0.178$), lo que sugiere que, aunque significativa, la relación no es fuerte.
- RSC e Innovación (H₂): La Prueba de Chi-cuadrado ($\chi^2 = 41.224$, $p = .001$) y la correlación de Spearman ($\rho = 0.319$, $p = .001$) muestran una relación positiva y moderada entre la RSC y la innovación. Además, el modelo de regresión logística multinomial reveló que las empresas con bajo (OR = 12.065, $p = .025$) y moderado compromiso con la RSC (OR = 7.842, $p < .001$) tienen significativamente mayores probabilidades de tener un bajo nivel de innovación en comparación con aquellas con alto compromiso con la RSC.
- RSC y Desempeño Empresarial (H₃). No se encontró una relación significativa entre la RSC y el desempeño empresarial ($\chi^2 = 6.589$, $p = .159$). Esto sugiere que, en este estudio, el compromiso con la RSC no influye de manera directa en el desempeño empresarial de las micro y pequeñas empresas.

En relación al análisis de regresión logística multinomial:

- Efecto de la RSC en la IN (H₄): Las empresas con bajo y moderado compromiso con la RSC tienen significativamente mayores probabilidades de tener niveles bajos de innovación en comparación con las empresas con alto compromiso con la RSC. Los valores de los Odds Ratio, indican que las empresas con alto compromiso en RSC tienen hasta 12 veces más posibilidades de implementar altos niveles de innovación (OR = 12.065, $p = .025$).
- Efecto de la IN en el DE (H₅): Las empresas con bajo (OR = 2.19, $p = .011$) y moderado nivel de innovación (OR = 1.94, $p = .014$) tienen significativamente mayores probabilidades de tener un rendimiento estable en lugar de un alto rendimiento, comparadas con las empresas con alto nivel de innovación. No se encontraron diferencias significativas en la probabilidad de bajo rendimiento.

Los resultados del estudio destacan la importancia de la RSC como un factor significativo que influye en los niveles de innovación de las micro y pequeñas empresas. Las empresas con un mayor compromiso con la RSC tienden a ser más innovadoras, lo que a su vez está asociado con un mejor desempeño empresarial. Sin embargo, la falta de una relación directa entre RSC y desempeño empresarial sugiere que la innovación podría ser el mediador clave en esta dinámica.

Con base en estos resultados, se proponen algunas recomendaciones:

- Fomentar la RSC de manera más robusta: Las micro y pequeñas empresas deberían considerar fortalecer sus prácticas de RSC como una estrategia para impulsar la innovación. Programas de capacitación y apoyo financiero pueden ser útiles para integrar la RSC en las operaciones diarias de estas empresas.
- Apoyo a la innovación: Dado que la innovación tiene un impacto positivo en el desempeño empresarial, es crucial que las empresas inviertan en actividades innovadoras, mediante la adopción de tecnologías más actuales, el desarrollo de productos o servicios más novedosos, y el mejoramiento de sus procesos internos.
- Políticas públicas: Los responsables de establecer políticas públicas deben diseñar e implementar iniciativas que promuevan tanto la innovación como la RSC en las micro y pequeñas empresas, reconociendo su papel vital en la economía local.

El estudio presenta ciertas limitaciones, como la predominancia de microempresas en el sector terciario y la baja representación de empresas dirigidas por extranjeros, que no permiten la generalización de los resultados a otros contextos o tamaños de empresa. Otra limitación, de carácter técnico, fue el alto porcentaje de casillas con recuentos esperados menores a cinco en las pruebas de Chi-cuadrado, especialmente en H_2 y H_3 , donde más del 30% de las casillas no cumplían con este supuesto. Este hecho podría haber reducido la potencia estadística en algunas comparaciones, afectando los resultados en determinadas relaciones entre las variables de estudio; sin embargo, a pesar de los recuentos bajos en algunas celdas, se utilizó la Prueba Exacta de Fisher con corrección de Monte Carlo, lo que asegura la fiabilidad de los hallazgos. La adopción de la RSC en las microempresas, aunque podría ser menos formalizada que en grandes empresas, puede representar una oportunidad para mejorar su imagen, generar confianza entre sus clientes y comunidad, y contribuir a la sostenibilidad empresarial. Sin embargo, dada la naturaleza pequeña y local de las empresas analizadas, es probable que el nivel de compromiso con la RSC varíe considerablemente, impactando de forma diferenciada el rendimiento y la capacidad de innovación de estas microempresas. Futuras investigaciones podrían explorar estas relaciones en empresas de mayor tamaño o en diferentes regiones para validar y ampliar estos hallazgos. Dado que las empresas pueden tener un desempeño sólido a través de otras prácticas operativas y estratégicas, sería útil investigar otros factores que podrían influir en su desempeño, como la cultura organizacional, el acceso a recursos financieros y el entorno competitivo.

Finalmente, aunque los resultados de esta investigación coinciden en algunos aspectos con investigaciones previas, también revelan diferencias significativas que destacan la complejidad de la relación entre RSC, IN y DE en micro y pequeñas empresas. El estudio subraya la necesidad de investigar más a fondo cómo las características específicas del contexto local y las limitaciones inherentes a las microempresas pueden también afectar estas dinámicas.

Referencias bibliográficas

- Bahta, D., Yun, J., Islam, M.R. & Ashfaq, M. (2021). Corporate social responsibility, innovation capability and firm performance: evidence from SME. *Social Responsibility Journal*, 17(6), 840-860. <https://doi.org/10.1108/SRJ-12-2019-0401>
- Banco Mundial. (2022). Small and Medium Enterprises (SMEs) Finance: Improving SMEs' Access to Finance and finding innovative solutions to unlock sources of capital. <https://www.worldbank.org/en/topic/sme/finance>
- Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Barney, J. B., & Hesterly, W. S. (2019). *Strategic management and competitive advantage: Concepts and cases* (6th ed.). Pearson
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2022). Acerca de Microempresas y Pymes. <https://www.cepal.org/es/temas/pymes/acerca-microempresas-pymes>
- De Antoni, C. (2020). Una revisión de los acuerdos y discrepancias de la teoría de las contingencias y la teoría de la ecología poblacional. *Ciencias administrativas*, (15), 75-86. <https://doi.org/10.24215/23143738e057>
- Dehisat, M. M. & Awang, Z. (2020). Exploring Items and Developing Instrument for Measuring Organizational Performance among Small Medium Enterprises in Jordan. *International Review of Management and Marketing*, 10(6), 51-57. <https://doi.org/10.32479/irmm.10531>
- Devita, H., Umaryadi, M.E.W., & Wahab. (2024). The Role of UMKM in driving the local economy: a literature analysis. *Journal of Community Dedication*, 4(3), 581-593. <https://www.adisampublisher.org/index.php/pkm/article/view/823>
- Dziallas, M., & Blind, K. (2019). Innovation indicators throughout the innovation process: An extensive literature analysis. *Technovation*, 80-81, 3-29. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2018.05.005>

- Ejoh, E., & Omoile, P. A. (2023). Corporate Social Responsibility on Innovation and Creativity in the Workplace. *Malikussaleh Social and Political Reviews*, 4(2), 66-71. <https://ojs.unimal.ac.id/mspr/article/view/13610>
- Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2015). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1-4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- Farida, I., & Setiawan, D. (2022). Business Strategies and Competitive Advantage: The Role of Performance and Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(3), 163. 10.3390/joitmc8030163.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Fiedler, F. E. (1964). A contingency model of leadership effectiveness. *Advances in Experimental Social Psychology*, 1, 149-190. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60051-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60051-9)
- Fitriati, T.K., Purwana, D., & Buchdadi, A.D. (2020). The Role of Innovation in Improving Small Medium Enterprise (SME) Performance. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 11(2), 232-250. https://www.ijicc.net/images/vol11iss2/11216_Fitriati_2020_E_R.pdf
- Forcadell, F.J.; Übeda, F. & Aracil, E. (2021). Effects of environmental corporate social responsibility on innovativeness of Spanish industrial SMEs. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120355. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120355>
- Hasan, R., Chy, M. A. R., Johora, F. T., Ullah, M. W., & Saju, M. A. B. (2024). Driving Growth: The Integral Role of Small Businesses in the U.S. Economic Landscape. *American Journal of Industrial and Business Management*, 14, 852-868. doi: 10.4236/ajibm.2024.146043
- Hayes, A. F., & Coutts, J. J. (2020). Use Omega rather than Cronbach's alpha for estimating reliability. *Communication Methods and Measures*, 14(1), 1-24. <https://doi.org/10.1080/19312458.2020.1718629>
- Hoskisson, R. E., Wright, M., Filatotchev, I., & Peng, M. W. (2018). Emerging markets from a global perspective: Theoretical and practical implications. *Strategic Management Journal*, 39(6), 1644-1663. <https://doi.org/10.1002/smj.2793>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2023). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. México: INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2024). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. México: INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2024). Mipymes mexicanas: motor de nuestra economía. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/923851/20240626_Dosier_MIPYMES_SALIDA_Interactivo_5_.pdf
- International Chamber of Commerce [ICC]. (2024). Digital tools central for development of MSME trade in Latin America. <https://iccwbo.org/news-publications/policies-reports/msmes-digital-exports-in-latin-america/#single-hero-document>
- Malpani, R., Baral, M.M., Panigrahi, R.R. and Chittipaka, V. (2024), Unveiling the dynamic nexus between corporate social responsibility, innovations and financial performances in 21st-century Indian start-ups, *International Journal of Organizational Analysis*, Vol. (ahead-of-print) No. (ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/IJOA-01-2024-4239>
- Martínez-Conesa, I., Soto-Acosta, P., & Palacios-Manzano, M. (2017). Corporate social responsibility and its effect on innovation and firm performance: An empirical research in SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2374-2383. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.038>
- McHugh, M. L. (2013). The Chi-square test of independence. *Biochemia Medica*, 23(2), 143-149. <https://doi.org/10.11613/BM.2013.018>
- McNeish, D. (2018). Thanks coefficient alpha, we'll take it from here. *Psychological Methods*, 23(3), 412-433. <https://doi.org/10.1037/met0000144>
- Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 22(1), 67-72. https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18
- OECD (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation*, 4th Edition. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. Paris/Eurostat.
- Omidvar, M., & Palazzo, M. (2023). The Influence of Corporate Social Responsibility Aspects on Business Model Innovation, Competitive Advantage, and Company Performance: A Study on Small- and Medium-Sized Enterprises in Iran. *Sustainability*, 15(22), 15867. <https://doi.org/10.3390/su152215867>
- Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2023). Las MIPYME, columna vertebral de las economías y del mundo del trabajo. <https://www.ilo.org/es/resource/las-mipyme-columna-vertebral-de-las-economias-y-del-mundo-del-trabajo>

- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico [OECD] (2023). The role of networks for SME innovation, resilience and sustainability. En: OECD SME and Entrepreneurship Outlook 2023, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/d275ffa1-en>
- Peña, N., y Aguilar, O. (2023). Habilidades directivas y clima organizacional. Resultados de una investigación en las micro y pequeñas empresas latinoamericanas. En: *Estudio de las habilidades directivas y el clima organizacional en las micro y pequeñas empresas de Latinoamérica. Metodología y resultados generales de investigación* (1ª. ed., tomo II, pp. 7–15). Peter Lang. <https://doi.org/10.3726/b21414>
- Prado Rebollo, I., & Aguilar Rascón, O. C. (2021). Relación entre las prácticas de la innovación y la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) en las micro y pequeñas empresas: The relationship between innovative practices and Corporate Social Responsibility (CSR) in micro and small enterprises. *Revista RELAYN- Micro y Pequeña Empresa en Latinoamérica*, 5(3), 4–23. <https://doi.org/10.46990/relayn.2021.5.3.176>
- Restrepo-Morales, J.A., Valencia-Cárdenas, M., & López-Cadavid, D.A. (2024). Interplay of Customer Satisfaction, Innovation, and Product Quality: Key Determinants of Company Performance. *Journal of Technology Management & Innovation*, 19(2), 28–42. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242024000200028>
- Revelle, W., & Zinbarg, R. (2009). Coefficients Alpha, Beta, Omega, and the glb: Comments on Sijsma. *Psychometrika*, 74(1), 145–154. <https://doi.org/10.1007/s11336-008-9102-z>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research Methods for Business Students* (8th ed.). Pearson Education. <https://sfa2142120804c535.jimcontent.com/download/ve>
- Secretaría de Economía [SE]. (2009). Acuerdo por el que se establece la estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de junio de 2009. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/50882/A539.pdf>
- Seeletse, S. M. (2024). The worth of corporate social responsibility in SME growth to large corporate size. *International Journal of Business Ecosystem & Strategy* (2687-2293), 6(2), 51–60. <https://doi.org/10.36096/ijbes.v6i2.503>
- Sumiati, S. (2020). Improving Small Business Performance: The Role of Entrepreneurial Intensity and Innovation. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(10), 211–218 <https://doi.org/10.13106/jafeb.2020.vol7.n10.211>
- Sutrisno, Diawati, P., Muhamad, L. F., Permana, R. M., & Suparwata, D. O. (2024). Innovative Strategies of SMEs in Alignment with Community Needs. *Jurnal Terobosan Peduli Masyarakat (TIRAKAT)*, 1(1), 30–38. <https://doi.org/10.61100/j.tirakat.v1i1.103>
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1998). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z)
- Yuan, L., Zheng, L., & Xu, Y. (2023). Corporate social responsibility and corporate innovation efficiency: evidence from China. *International Journal of Emerging Markets*, 18(12), 6125–6142. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-09-2021-1364>
- Zahra, S. A., & George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. *Academy of Management Review*, 27(2), 185–203. <https://doi.org/10.5465/amr.2002.6587995>



<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a19>
<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>
<https://www.facebook.com/avacient>

PARTÍCULAS DE CARBÓN COMO INDICADORAS DEL FUEGO EN EL PASADO

Chloe Brynie Ulanie Rosas¹, Alicia Carrillo-Bastos²,
Claudia González-Salvatierra³

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Recibido: 15/10/2024 Aceptado: 20/11/2024
<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a20>

Resumen.- El fuego es una de las principales formas de disturbio que influye en la composición, estructura y distribución de la vegetación. Así mismo, un incendio tiene afectaciones a múltiples niveles de organización biológica, influyendo en las poblaciones, comunidades y ecosistemas. En los últimos años se ha hecho un esfuerzo significativo para entender la dinámica de los incendios en el pasado e identificar los factores clave que juegan un papel importante en un evento de incendio. Durante un incendio se producen partículas de carbón; estas partículas contienen información anatómica de las especies, así como atributos químicos y físicos representativos del ambiente al momento de su depositación. Se han desarrollado técnicas y metodologías para entender el comportamiento del fuego en el pasado para ayudar a establecer mejores prácticas de manejo del fuego en la actualidad. El presente artículo discute sobre los incendios y las partículas de carbón como el principal proxy para entender la historia de los incendios en escalas de tiempo amplias. Adicionalmente, se presentan ejemplos de estudios particularmente para las Américas y el Caribe donde se ha utilizado el análisis de partículas de carbón para reconstruir la historia de los incendios en el pasado.

Palabras Clave: fuego, ecosistemas, vegetación, macrocarbones, microcarbones.

CHARCOAL PARTICLES AS INDICATORS OF PAST FIRES

Abstract.- Fire is an important form of disturbance that influences the composition, structure, and distribution of vegetation. Additionally, fire has effects at multiple biological levels, influencing populations, communities, and ecosystems. In the last years, significant efforts have been made to understand past fire dynamics and to identify key factors that play an important role in forest fires. During a fire, charcoal particles are produced, and these contain anatomic information of species as well as chemical and physical attributes of the environment at the time of deposition. New techniques and methods have been developed to understand past fire behavior to aid in establishing better fire management practices. This paper reviews fire and charcoal particles, the latter being the most important existing proxy for reconstructing fire history at large time scales. Additionally, we briefly present case studies, particularly for the Americas and Caribbean region, that have used charcoal analysis for past fire reconstruction.

Keywords: Fire, ecosystems, vegetation, macrocharcoal, microcharcoal.

Introducción

El fuego es un componente natural en la mayoría de los ecosistemas y tiene repercusiones a largo plazo e influencia en la dinámica de incendios, biodiversidad, ciclos biogeoquímicos y balance de energía (Marlon et al., 2016; Blarquez et al, 2018; McLauchlan et al, 2020; Wu et al., 2021). Así mismo, un incendio tiene afectaciones a múltiples niveles de organización biológica influyendo en la población, comunidad y ecosistemas. En la actualidad los avances en el estudio de los incendios reflejan un cambio en el paradigma del fuego como una fuerza destructiva a un proceso fundamental que influye la mayoría de los ecosistemas terrestres con consecuencias evolutivas (McLauchlan et al. 2020). El fuego es una parte integral del sistema terrestre, cada día, en algún lugar del planeta ocurre un incendio forestal con consecuencias ecológicas, económicas y pérdidas de vidas humanas (Scott 2000; Jolly et al. 2015).

Mientras algunos de estos incendios son provocados por el hombre, varios son verdaderamente naturales provocados por un relámpago (Scott 2000). De acuerdo con Pausas y Keeley (2021) la ocurrencia de los incendios forestales en los ecosistemas requiere de la confluencia de al menos cuatro factores: fuente de ignición, la presencia de combustible

¹Estudiante del Doctorado en Ciencias Ambientales, Tecnológico Nacional de México / I.T. de Chetumal. <https://orcid.org/0000-0002-0688-3778> chloerosas01@gmail.com.

²Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México / I.T. de Chetumal, <https://orcid.org/0000-0002-8828-5869> alicia.cb@chetumal.tecnm.mx (**Autor correspondiente**).

³ Investigador por México, CONHACYT y profesora de tiempo completo, Tecnológico Nacional de México / I.T. de Chetumal. <https://orcid.org/0000-0002-1667-4320> claudia.gs@chetumal.tecnm.mx.

de manera continua, sequía y las condiciones ambientales apropiadas (viento, altas temperaturas y baja humedad). Los incendios forestales resultan del nexo de estos factores, los cuales puede ser potencialmente afectados por cambios globales. Tener el conocimiento de la historia del fuego en el pasado nos proporciona una visión de las condiciones ambientales pasadas, tales como periodos de variabilidad y cambio climático (Graves et al 2019).

El carbón ocurre predominantemente como un producto de los incendios forestales (Scott 2010). El carbón contiene información anatómica de la especie y sobre atributos químicos y físicos representativo del ambiente al momento de su formación. El hallazgo más temprano de carbón pueden ser trasado hace 400 millones de años atrás, después del establecimiento de las plantas en la tierra en el Silúrico (Li et al. 2022). Para desbloquear el conocimiento sobre la dinámica de incendios a largo plazo, la preservación de las partículas de carbón debe de ocurrir en un ambiente de depositación como lagunas y tuberías. Las lagunas actúan como un depósito de sedimentos al acumular y almacenar material orgánico e inorgánico, haciéndolos el sitio adecuado para los estudios paleoambientales (Conedera et al. 2009; Graves et al. 2021).

Entre el material orgánico se encuentran las partículas de carbón vegetal las cuales son producto de la combustión incompleta de la materia orgánica que normalmente ocurre a temperaturas entre 280 y 500°C (Whitlock y Larsen 2001; Scott 2010; Feurdean 2021). Al iniciarse un incendio ya sea por causas naturales o antropogénicas, la vegetación está sujeta a altas temperaturas que provocan la descomposición de la celulosa dentro del tejido vegetal. Este proceso genera gases altamente volátiles, incluyendo monóxido de carbono, dióxido de carbono y metano, que una vez liberados se mezclan con el oxígeno presente en el ambiente y se quema. Esta reacción produce calor y se lleva a cabo un incendio. Dentro del tejido vegetal existe una parte superficial carbonizada, el calor del incendio penetra el tejido vegetal donde hay poco o nulo oxígeno. A esta reacción se le conoce como pirólisis. Si esta reacción se detiene antes de la combustión se producen partículas de carbón como residuo (Patterson et al. 1987; Scott 2010). Los residuos de la combustión incompleta tal como el carbón comúnmente son referidos como carbón negro (Black Carbon). El carbón negro es una mezcla heterogénea de residuos que posee una composición química contrastante y por ello es resistente a degradación biológica o química (Forbes et al. 2006). La estructura química aromática condensada del carbón permite que estas persistan en el suelo y registros sedimentarios a lo largo de una escala de tiempo milenaria (Eckmeier et al. 2007; Mooney y Tinner 2011).

La dispersión después de un incendio permite que las partículas de carbón se depositen en cuerpos de agua y tuberías, iniciando así la preservación de la información en el ensamblaje de carbón fósil que puede ser analizado para reconstruir la historia de un incendio para un sitio en específico (Conedera et al. 2009). Las partículas de carbón de igual manera flotan por un tiempo considerable (horas, días o semanas) antes de depositarse y es por ello que éste pueda ser transportado a largas distancias antes de ser depositado e incorporado al sedimento (Scott 2010). El carbón posee dos características fundamentales: la anatomía de la planta es preservada en piezas que no pasan de algunas micras en tamaño permitiendo su identificación taxonómica (Scott 2000) y es relativamente inerte (Scott 2010). Las partículas de carbón vegetal son de color negro, con una iridiscencia, opaco, frágil y angular con una apariencia alargada prismática que posiblemente podrían exhibir algunas estructuras celulares (Patterson et al. 1987; Mooney y Tinner 2011; Scott 2010). Todos los órganos de la planta pueden ser preservados como carbón incluyendo las hojas y órganos reproductivos tal como las flores. Utilizando las características mencionadas anteriormente, en la actualidad se han llevado a cabo estudios para desarrollar un sistema de clasificación de los morfotipos con el propósito de inferir incluso el tipo o especie vegetal quemada y de esta manera poder inferir el tipo de fuente de combustible (fuel type) (Jensen et al. 2007; Feurdean 2021; Torres Rodríguez et al. 2022). De acuerdo con los trabajos mencionados los autores clasifican las partículas de carbón en morfotipos. Los morfotipos propuestos por Torres Rodríguez et al. (2022) los clasifica de manera más organizada y en grandes grupos. A continuación, se presentan de manera general los grupos propuestos por Torres Rodríguez y colaboradores (2022).

Tipos de partículas de carbón

Tipo madera: normalmente son como pequeños bloques y cuadrículares, lignificado con foliaciones. Pueden ser identificadas por su brillo y grosor, y su estructura en capas prismática. De acuerdo con Torres Rodríguez et al (2022) describen este morfotipo como poligonal con textura lisa o estriada, con una apariencia de bloque rectangular.

Tipo graminoide: son de tipo planas, rectangulares y alargadas la superficie puede exhibir células epidérmicas, reticulares o patrón en forma de malla (Torres Rodríguez et al. 2022). De igual manera pueden aparecer sin características particulares, como largos y delgados filamentos, que al ponerles presión se quiebran paralelo a los ejes

largos. Este grupo incluye las cutículas de las poaceas, pero de igual manera pueden derivar de monocotiledóneas como las ciperáceas (Feurdean, 2022).

Tipo hoja: Presentan una forma poliédrica y la superficie es más reflectiva que los morfotipos anteriores (Umbanhowar y McGrath, 1998) que de acuerdo con Enache y Cumming (2006) posiblemente podría reflejar un incendio intenso de tipo corona. Normalmente, este tipo de morfotipo proviene de plantas herbáceas y helechos. Las hojas caducifolias presentan un patrón de malla reticular (Mustaphi, y Pisaric 2014; Torres Rodríguez et al. 2022).

Morfotipo herbáceo: se originan de plantas herbáceas excepto poaceas, este tipo son muy alargadas, con delgados filamentos parecido al cabello, pero de igual manera puede no presentar características o puede presentar huecos (Torres Rodríguez et al. 2012).

Morfotipo de múltiples orígenes: Son caracterizados por ser elongados con características complejas (segmentados, con extensiones ramificadas y ramificado) de igual manera por partículas irregulares y redondas (Torres Rodríguez et al. 2012).

A partir de los trabajos pioneros de Iversen (1941) en el cual él observó en láminas de polen micro partículas de carbón, desde entonces se ha utilizado el carbón como proxy de incendio (Patterson et al. 1987; Conedera et al. 2009; Mooney y Tinner 2011). El análisis de partículas de carbón en el sedimento es utilizado para reconstruir variaciones a largo plazo en la actividad de un incendio que complementan y extienden la reconstrucción proporcionada por los registros dendrocronológicos y registros históricos (Whitlock y Larsen, 2001). El carbón fósil almacenado en el sedimento cubre una escala espacial amplia de local a global y temporal de décadas a millones de años (Marlon et al. 2016). El análisis de partículas de carbón cuantifica la acumulación de las partículas carbonizadas en el sedimento durante y después de un evento de incendio (Whitlock y Larsen 2001).

Las partículas de carbón pueden tener un origen, local (cerca del cuerpo de agua), extra local, regional, continental o incluso global dependiendo de la dispersión (tamaño de la partícula) transporte, y condiciones de depositación (tamaño del cuerpo de agua) (Conedera et al. 2009). Las partículas de carbón pueden variar en tamaño de sub o micropartículas a macropartículas, bajo el supuesto que las micropartículas son transportadas a distancias más lejanas por el viento y agua que las macropartículas. Las partículas pequeñas llamadas micropartículas tienen un tamaño $<100\ \mu\text{m}$ y las macropartículas $>125\ \mu\text{m}$ (Whitlock y Larsen 2001). Scott (2010) menciona que, en un incendio forestal, las micro partículas de carbón son formadas durante los incendios de tipo superficie y de copa que posteriormente son transportado por la columna de humo. No obstante, las partículas son muy pequeñas para su identificación taxonómica. Por el contrario, las macro partículas de carbón son producidas durante los incendios de tipo superficial que consumen la cobertura del suelo y hojarasca.

¿Cómo se analizan las muestras de partículas carbonizadas?

Durante los últimos años se han desarrollado grandes avances en el entendimiento de la producción, dispersión y depositación de micro y macro partículas de carbón, de igual manera se han desarrollado métodos cuantitativos y técnicas para entender los registros sedimentarios de carbón.

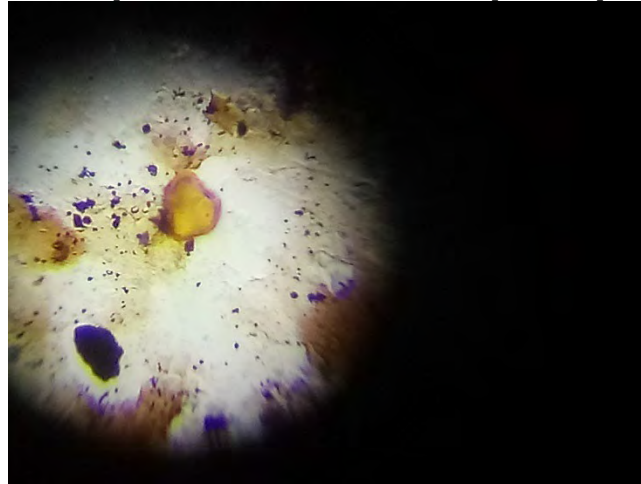
Las muestras para micropartículas de carbón son cuantificadas junto con láminas de polen fósil las cuales son preparadas de acuerdo con las técnicas estándares palinológicas (fig. 1) (para más detalles ver Faegri e Iversen 1989), las cuales incluyen varios procedimientos químicos y físicos (Conedera et al. 2009). Las muestras son tratadas con hidróxido de potasio (KOH) para remover ácidos húmicos y posteriormente con ácido clorhídrico para remover carbonatos para finalmente ser fijadas. Los datos son presentados como abundancia o área, las cuales son convertidas en tasa de acumulación al dividir la concentración de carbón por la tasa de depositación (yr cm^{-1}) (Whitlock y Larsen, 2001).

En la actualidad, el análisis estadístico de micropartículas de carbón está basado generalmente en la inspección visual, el cual es preciso en identificar los micro carbones, pero requiere de mucho tiempo. En los últimos años se han desarrollado distintos métodos para agilizar el procesamiento de las muestras. El área puede ser calculada a partir de talla de clases, conteo de puntos o técnicas de imagen computarizadas.

Por otra parte, las macropartículas de carbón son obtenidas mediante la técnica de “tamiz” (wet sieved method) (Mooney y Tinner, 2011). Las muestras son analizadas de manera continua a lo largo del sedimento generalmente son

de 1 cm de grosor. Las muestras de sedimento son tratadas con peróxido de hidrogeno para degradar la materia orgánica, dejando expuesto el carbón. Las muestras son pasadas en una malla de 125 μm y las fracciones $>125 \mu\text{m}$ son guardadas, secadas y colocadas en cajas de Petri para posteriormente ser cuantificadas (fig. 2) (para una descripción detallada del procedimiento ver Stevenson y Haberle 2005; procedimiento disponible del Centro de investigación de Limnología de la universidad de Minnesota- <http://lrc.geo.umn.edu/laccore/procedures.html>). La enumeración en el caso de las macropartículas se basa en el conteo simple de las partículas con tamaño $>125\mu\text{m}$ o área con el uso de un estereoscopio (Whitlock y Larsen 2001; Conedera et al. 2009).

Figura 1. Micropartículas de carbón observadas en placas de polen fósil.



Nota. Fotografía tomada por Rosas Chloe.

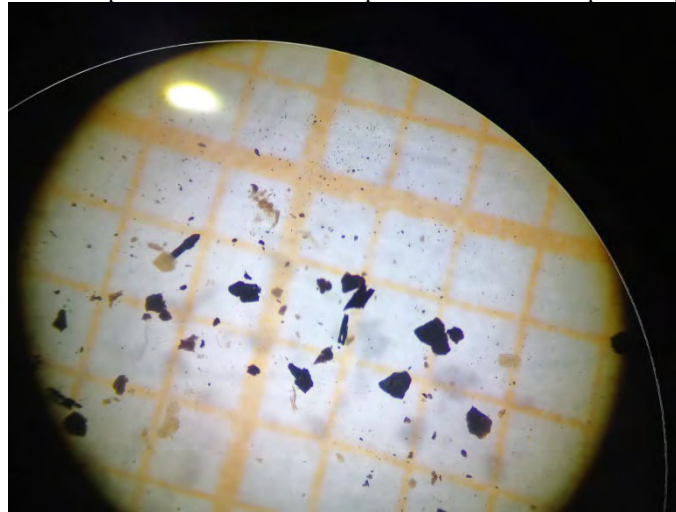
El análisis es un conjunto de diagnóstico y herramientas analíticas diseñadas para analizar los registros sedimentarios de carbón cuando el objetivo es detectar los picos para poder realizar una reconstrucción local de la historia de un incendio. El análisis se basa en un enfoque ampliamente utilizado en el cual descompone el registro de carbón en dos componentes de frecuencia alta (pico) y baja (fondo) para posteriormente aislar los picos (Higuera et al. 2007; Kelly et al. 2011). El termino fondo se refiere tanto a los procesos ecológicos como físicos que pueden causar variaciones bajas en la tasa de sedimentación del carbón. Por otro lado, se asume que las frecuencias altas o picos representan el depósito primario de un incendio local. Para separar la señal de un incendio local del ruido o fondo, un valor umbral es determinado por varios métodos matemáticos y las muestra que superan el valor umbral son interpretadas como un episodio de incendio (Kelly et al. 2011).

Actividad de incendios en la región del neotrópico

Entender la conexión que existe entre el cambio climático en el pasado y la dinámica de incendios en la región del Neotrópico es el mayor reto de investigación internacional debido a la importancia que tienen los ecosistemas tropicales a los cambios climáticos globales (Power et al. 2010). De acuerdo con Jolly et al. (2015) en los últimos 35 años las selvas tropicales y subtropicales de Sudamérica tales como pastizales y sabanas han experimentado un cambio tremendo en la duración de la temporada de incendios, con un incremento de 33 días. Es por ello la importancia de llevar a cabo este tipo de estudios para entender las interacciones en el pasado entre el clima, los incendios y la vegetación, la evolución de los ecosistemas, la interacción entre los humanos con el ambiente y futuros riesgos que informen y ayuden en las pólizas y en la toma de decisiones (Mustaphi y Pisaric, 2014).

A partir de los registros de partículas de carbón en el Neotrópico se ha podido detectar un aumento significativo en la actividad de incendios relacionados con la agricultura, la cual estaba asociada al desmonte de la selva durante el Holoceno tardío (Dull et al. 2010; Avnery et al. 2011; Aragón Moreno et al. 2012; Schüpbach et al. 2015). Aragón Moreno et al (2012) alrededor de 5400 a.C. registra altos niveles de carbón junto con la presencia de maíz (*Zea mays*) lo cual evidencia la presencia de actividades agrícolas en las costas norte de la Península de Yucatán. De igual manera, Anderson y Wahl (2015) registran picos de carbón y la disminución de especies de selva junto con la aparición del polen del maíz alrededor de 4600 para la región del Petén, Guatemala. Anchukaitis y Horn (2005) reportan para el Pacífico sur de Costa Rica, en un registro de 2000 años, que las alteraciones en la selva fueron relativamente pocas sino hasta alrededor de 3350 a.C. cuando se registra un aumento drástico en los porcentajes de carbón junto con el registro del polen de maíz, los cuales se mantuvieron altos hasta 2490 a.C.

Figura 2. Macropartículas de carbón después de tratamiento químico y físico.



Nota. Fotografía tomada por Rosas Chloe.

No obstante, los registros coinciden o registran una disminución significativa de los incendios después 1500 d.C para esta región. Avnery y colaboradores (2011) reportan una disminución significativa de las macropartículas de carbón después de 1400 d.C en Nicaragua, lo cual coincide con los reportados por otros autores por ejemplo Wu y Porinchu (2019), quien reporta un evento de poca o casi nula actividad de incendios entre 1200–1800 d.C para Costa Rica, mientras Rushton et al. (2012) para Belice reporta una recuperación de la selva alrededor de 1400 a.C, junto con la ausencia de cultivos y bajas concentraciones de partículas de carbón sugiriendo el cese de las actividades antropogénicas en el área. En Costa Rica Anchukaitis y Horn (2005) registra una disminución en la actividad de incendios después de 1420 d.C. cuando cesan las actividades agrícolas en la zona.

Por otra parte, uno de los principales enfoques de investigación ha sido conocer los forzamientos climáticos que desencadenan los incendios forestales. Marlon et al. (2008) reporta que el cambio climático ha sido el factor principal en la quema de biomasa. Así mismo, se han hecho revisiones y síntesis de los registros de incendios en la región neotropical para tener una perspectiva regional en los cuales han observado que la disminución en el patrón de carbón fue consistente con los patrones globales de incendios que probablemente provocado por el enfriamiento de la Pequeña Edad de Hielo (PEH) (Marlon et al. 2008; Dull 2010, Power et al. 2010). Power et al. (2010) concluye que para los últimos 21,000 años en la región de las Américas la actividad de incendios está asociado con los periodos de alta variabilidad climática, incluyendo cambios en el balance de humedad y la intensificación de las sequías estacionales.

Conclusiones

Los ecólogos perciben el fuego como una fuerza dinámica ecológica que tiene y ha tenido consecuencias evolutivas. El objetivo de entender la ecología de un incendio es entender las diversas maneras en las que el fuego afecta a los organismos y los ecosistemas en la tierra. Es importante establecer técnicas y métodos de muestreo, análisis e interpretación que sean uniformes y confiables para poder obtener información correcta de los incendios. El conocimiento de la historia de incendios ha cobrado importancia por el futuro cambio climático sin precedentes y sus posibles consecuencias en el régimen y dinámica de los incendios, notablemente en la frecuencia, tamaño y severidad de los incendios.

Los eventos descritos anteriormente son ejemplo de cómo se ha empleado las partículas de carbón como indicadores de cambios en la historia de incendios. Los estudios muestran que las macropartículas de carbón es el método más empleado para realizar una reconstrucción a nivel local. Mediante las partículas de carbón se ha podido inferir los periodos con mayores eventos de incendios, cambios en el régimen de incendios, la presencia de actividades agrícolas y los forzamientos climáticos asociados a los incendios. En los últimos años, ha existido un avance importante en los estudios de incendios para la región del neotrópico, no obstante, se requiere incrementar los registros que nos permitan entender el comportamiento de los incendios a escala local.

Referencias bibliográficas

- Aragón-Moreno Alejandro A. Islebe GA, Torrescano-Valle N. (2012). A ~ 3800-yr, high-resolution record of vegetation and climate change on the north coast of the Yucatan Peninsula. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 178:35–42. doi: 10.1016/j.revpalbo.2012.04.002.
- Anchukaitis Kevin J., Sally P. Horn, (2005). A 2000-year reconstruction of forest disturbance from southern Pacific Costa Rica, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 221(1-2), 35-54, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.02.003>.
- Avnery, S., Dull, R. A., & Keitt, T. H. (2011). Human versus climatic influences on late-Holocene fire regimes in southwestern Nicaragua. *The Holocene*, 21(4), 699-706. <https://doi.org/10.1177/0959683610391314>
- Blarquez Olivier, Julie Talbot, Jordan Paillard, Lyna Lapointe-Elmrabti, Nicolas Pelletier, Christian Gates St-Pierre. (2018). Late Holocene influence of societies on the fire regime in southern Québec temperate forests, *Quaternary Science Reviews*, 180, 63-74. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.11.022>.
- Conedera, M., Tinner, W., Neff, C., Meurer, M., Dickens, A. F., & Krebs, P. (2009). Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation. *Quaternary Science Reviews*, 28(5-6), 555–576. doi:10.1016/j.quascirev.2008.11.005
- Dull Robert A. (2004). An 8000-year record of vegetation, climate, and human disturbance from the Sierra de Apaneca, El Salvador. , 61(2), 159–167. doi:10.1016/j.yqres.2004.01.002
- Dull, Robert A.; Nevle, Richard J.; Woods, William I.; Bird, Dennis K.; Avnery, Shiri; Denevan, William M. (2010). The Columbian Encounter and the Little Ice Age: Abrupt Land Use Change, Fire, and Greenhouse Forcing. *Annals of the Association of American Geographers*, 100(4), 755–771. doi:10.1080/00045608.2010.502432
- Eckmeier, E., Gerlach, R., Skjemstad, J.O., Ehrmann, O., Schmidt, M.W.I., 2007a. Only small changes in soil organic carbon and charcoal found one year after experimental slash and-burn in a temperate deciduous forest. *Biogeosciences* 4, 377–383. doi:10.5194/bgd-4-595-2007
- Enache Mihaela D. ; Brian F. Cumming (2006). Tracking recorded fires using charcoal morphology from the sedimentary sequence of Prosser Lake, British Columbia (Canada). , 65(2), 282–292. doi:10.1016/j.yqres.2005.09.003
- Fægri, K., Iversen, J. (1989). In: Fægri, K., Kaland, P.E., Krzywinski, K. (Eds.). *Textbook of pollen analysis*. 4th ed. John Wiley, Chichester
- Feurdean, Angelica. (2021). Experimental production of charcoal morphologies to discriminate fuel source and fire type: an example from Siberian taiga. *Biogeosciences*. 18. 3805-3821. 10.5194/bg-18-3805-2021.
- Feurdean, A., (2021). Experimental Production of Charcoal Morphologies to Discriminate Fuel Source and Fire Type in the Siberian Taiga. *Biogeosciences Discussion*. <https://doi.org/10.5194/bg-2021-1>.
- Figueroa-Rangel, B. L.; Willis, K. J.; Olvera-Vargas, M. (2012). Late-Holocene successional dynamics in a transitional forest of west-central Mexico. *The Holocene*, 22(2), 143–153. doi:10.1177/0959683611414929
- Forbes, M.S., Raison, R.J., Skjemstad, J.O., 2006. Formation, transformation and transport of black carbon (charcoal) in terrestrial and aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment* 370, 190–296. doi:10.1016/j.scitotenv.2006.06.007
- Graves, B. P., Ralph, T. J., Hesse, P. P., Westaway, K. E., Kobayashi, T., Gadd, P. S., & Mazumder, D. (2019). Macro-charcoal accumulation in floodplain wetlands: Problems and prospects for reconstruction of fire regimes and environmental conditions. *PLOS ONE*, 14(10), e0224011. doi:10.1371/journal.pone.0224011
- Graves, Bradley P.; Ralph, Timothy J.; Hesse, Paul P.; Westaway, Kira E.; Kobayashi, Tsuyoshi; Gadd, Patricia S.; Mazumder, Debashish; Regattieri, Eleonora (2019). Macro-charcoal accumulation in floodplain wetlands: Problems and prospects for reconstruction of fire regimes and environmental conditions. *PLOS ONE*, 14(10), e0224011–. doi:10.1371/journal.pone.0224011
- Higuera Philip E.; Matthew E. Peters; Linda B. Brubaker; Daniel G. Gavin (2007). Understanding the origin and analysis of sediment-charcoal records with a simulation model., 26(13-14), 0–1809. doi:10.1016/j.quascirev.2007.03.010
- Iversen J (1941) Land occupation in Denmark's stone age. *Danm Geol Unders* II 66:1–68
- Jensen, K.; Lynch, E. A.; Calcote, R.; Hotchkiss, S. C. (2007). Interpretation of charcoal morphotypes in sediments from Ferry Lake, Wisconsin, USA: do different plant fuel sources produce distinctive charcoal morphotypes?. *The Holocene*, 17(7), 907–915. doi:10.1177/0959683607082405
- Jolly, W. Matt; Cochrane, Mark A.; Freeborn, Patrick H.; Holden, Zachary A.; Brown, Timothy J.; Williamson, Grant J.; Bowman, David M. J. S. (2015). Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, 6(), 7537–. doi:10.1038/ncomms8537
- Kelly Ryan F.; Philip E. Higuera; Carolyn M. Barrett; Feng Sheng Hu (2011). A signal-to-noise index to quantify the potential for peak detection in sediment–charcoal records. 75(1), 11–17. doi:10.1016/j.yqres.2010.07.011

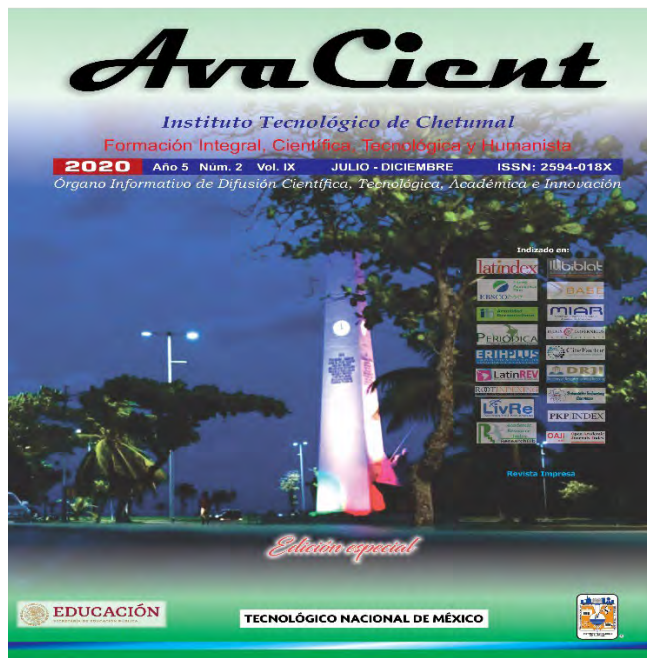
- Li Gang, Linlin Gao, Fengwen Liu, Menghan Qiu, Guanghui Dong, (2022). Quantitative studies on charcoalification: Physical and chemical changes of charring wood, *Fundamental Research*, <https://doi.org/10.1016/j.fmr.2022.05.014>
- Marlon, J. R.; Bartlein, P. J.; Carcaillet, C.; Gavin, D. G.; Harrison, S. P.; Higuera, P. E.; Joos, F.; Power, M. J.; Prentice, I. C. (2008). Climate and human influences on global biomass burning over the past two millennia. *Nature Geoscience*, 1(10), 697–702. doi:10.1038/ngeo313
- Marlon, J. R., Kelly, R., Daniau, A.-L., Vanni  re, B., Power, M. J., Bartlein, P., ... Zhihai, T. (2016). Reconstructions of biomass burning from sediment-charcoal records to improve data–model comparisons. *Biogeosciences*, 13(11), 3225–3244. doi:10.5194/bg-13-3225-2016
- McLauchlan, K. K., Higuera, P. E., Miesel, J., Rogers, B. M., Schweitzer, J., Shuman, J. K., ... Watts, A. C. (2020). Fire as a fundamental ecological process: research advances and frontiers. *Journal of Ecology*. doi:10.1111/1365-2745.13403
- Mooney SD, Tinner W. (2011). The analysis of charcoal in peat and organic sediments. *International Mire Conservation Group and International Peat Society*. 7(9). ISSN 1819-745X
- Mustaphi, C. J. C.; Pisaric, M. F. J. (2014). A classification for macroscopic charcoal morphologies found in Holocene lacustrine sediments. *Progress in Physical Geography*, 38(6), 734–754. doi:10.1177/0309133314548886
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2021). Wildfires and global change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(7), 387–395. doi:10.1002/fee.2359
- Patterson, W. A., Edwards, K. J., & Maguire, D. J. (1987). Microscopic charcoal as a fossil indicator of fire. *Quaternary Science Reviews*, 6(1), 3–23. doi:10.1016/0277-3791(87)90012-6
- Power MJ, Bush M, Behling H, Horn S, Mayle F, Urrego D. (2010). Paleofire activity in tropical America during the last 21 ka: A regional synthesis based on sedimentary charcoal. *PAGES news*. 18(2):73–75. doi:10.22498/pages.18.2.73.
- Rushton EA, Metcalfe SE, Whitney BS. (2012). A late-Holocene vegetation history from the Maya lowlands, Lamanai, Northern Belize. *The Holocene*. 23(4):485–493. doi:10.1177/0959683612465449.
- Sch  pbach S, Kirchgeorg T, Colombaroli D, Beffa G, Radaelli M, Kehrwald NM, Barbante C. (2015). Combining charcoal sediment and molecular markers to infer a Holocene fire history in the Maya Lowlands of Petén, Guatemala. *Quaternary Science Reviews*. 115:123–131. doi: 10.1016/j.quascirev.2015.03.004.
- Scott, A. . (2000). The Pre-Quaternary history of fire. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 164(1-4), 281–329. doi:10.1016/s0031-0182(00)00192-9
- Scott, A. (2010). Charcoal recognition, taphonomy and uses in palaeoenvironmental analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291(1-2), 11–39. doi:10.1016/j.palaeo.2009.12.012
- Torres-Rodríguez Esperanza, Blanca L. Figueroa-Rangel, Socorro Lozano-García, Beatriz Ortega-Guerrero, Margarita Caballero-Miranda, Alonso Herrejon-Serrano. (2022). Charcoal morphotypes and potential fuel types from a Mexican lake during MIS 5a and MIS 3, *Journal of South American Earth Sciences*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103724>.
- Umbanhowar Jr., C.E.; McGrath, M.J. (1998). Experimental production and analysis of microscopic charcoal from wood, leaves and grasses. *The Holocene*, 8(3), 341–346. doi:10.1191/095968398666496051
- Whitlock C, Larsen C. Charcoal as a Fire Proxy.(2001). In: Smol JP, Birks HJB, Last WM, Bradley RS, Alverson K, editors. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Dordrecht: Springer Netherlands; p. 75–97.
- Wu J, Porinchu DF. (2019). A high-resolution sedimentary charcoal- and geochemistry-based reconstruction of late Holocene fire regimes in the p  ramo of Chirrip   National Park, Costa Rica. *Quat res*. 93:314–329. doi:10.1017/qua.2019.64.
- Wu Chao, Sergey Venevsky, Stephen Sitch, Lina M. Mercado, Chris Huntingford, A. Carla Staver. (2021). Historical and future global burned area with changing climate and human demography. *One Earth*, 4(4), 517-530. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.03.002>.



<https://doi.org/10.69823/avacient.v4n2a20>

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>

<https://www.facebook.com/avacient>



AvaCient

Se terminó el 30 de diciembre de 2024,
por el Departamento de Comunicación y Difusión
del Instituto Tecnológico de Chetumal,
Tecnológico Nacional de México.

Disponible en Internet:

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista>

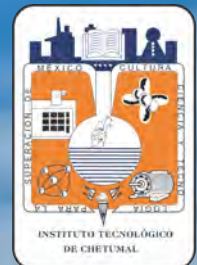
Ciudad Chetumal, Quintana Roo, México, 2024.



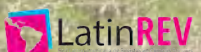


Facebook

AvaCient - Tecnológico Nacional de México



Indizado en:



Internet web



email: avacient@itchetumal.edu.mx
avacient@chetumal.tecnm.mx

Disponible en:

<http://avacient.chetumal.tecnm.mx/index.php/revista/index>

Av. Insurgentes No. 330 esquina Andrés Quintana Roo, Col. David Gustavo Gutiérrez Ruiz,
Apdo. postal 267 C.P. 7013, Chetumal Quintana Roo. Tel. (01-983) 2-23-30 y 2-10-19

www.itchetumal.edu.mx

#OrgulloTecNM