

Bienestar, Sostenibilidad e Interculturalidad



COORDINADORES

Báez Hernández Grace Erandy,
Humarán Sarmiento Viridiana,
Graciano Obeso Adalid,
Pollorena López Gregorio,
Yocupicio Gaxiola Rosario Isidro.



ISBN: 978-607-5893-68-6



Bienestar, Sostenibilidad e Interculturalidad



COORDINADORES

Báez Hernández Grace Erandy,
Humarán Sarmiento Viridiana,
Graciano Obeso Adalid,
Pollorena López Gregorio,
Yocupicio Gaxiola Rosario Isidro.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



ITESGUA-CA-1
INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS
MULTIDISCIPLINARIAS APLICADAS
AL SECTOR AGROPECUARIO

BIENESTAR,

SOSTENIBILIDAD E

INTERCULTURALIDAD

COORDINADORES

Báez Hernández Grace Erandy, Humarán Sarmiento Viridiana, Graciano Obeso Adalid, Pollorena López Gregorio, Yocupicio Gaxiola Rosario Isidro.

TECNM-Instituto Tecnológico Superior de Guasave

AUTORES

Meza Fregoso Juan Antonio, Loera Olivas Abigail, Graciano Obeso Adalid, Graciano Obeso Adara, Quintero Romanillo Alma Lorena, Hurtado Arvizu Andrea Guadalupe, Archuleta Torres Arely, Sacristán Rodríguez Claudia Patricia, Díaz Gaxiola Jesús María, Castro Estrada Elideé del Carmen, Santillán Tarazón Elizabeth, Rodríguez Saucedo Elvia Nereyda, Rangel Cota Gerardo, Báez Hernández Grace Erandy, Pollorena López Gregorio, González Lazalde Iván, Camacho Carrillo Janeth, Torrecillas Ávila Jeaneth Guadalupe, Báez Higuera Jesús Alberto, Díaz Gaxiola Jesús Manuel, Herrera Cebreros Jesús Manuel, Rodríguez Apodaca Jesús Ramón, López Atondo Jesús Uriel, Carrasco Escalante José Crisóforo, Escobedo De La Torre José Humberto, Rodríguez Álvarez José Luis, Alzate Espinoza Juan Héctor, Hernández Chavarría Juana, Gutiérrez Ayala Juana Meliza, Velázquez Veloz Lamberto, Quintero Robles Liz Margarita, González Ortega Luis Fernando, Rivera Rodríguez Manuel Antonio, Osuna Estrada María Guadalupe, Galván Ismael María Quetzalcihuatl, Mojica Vargas Maricela, Lechuga Nevárez Mayela del Rayo, Gálvez Díaz Mayra Karina, Bermúdez López Nadia Yamileth, Reyes Pérez Narce Dalia, Ocampo Cárdenas Janeth María, Loredó Medina Raúl, Rodríguez Hoyos Raúl, Rojero Jiménez Roberto, Díaz García Rolando, Rojo Urrea Román, Cardona García Rosalía, Armenta Arredondo Rosario Bianey, López Araujo Santiago Manuel, Alcorcha Miranda María Elena, Yocupicio Gaxiola Rosario Isidro.

©RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. 2025



ISBN: 978-607-5893-68-6



EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.

CEL 2282386072

www.redibai.org

redibai@hotmail.com

Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.
(978-607-5893)

Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.

No. de ejemplares: 2

Presentación en medio electrónico digital

Formato PDF 8 MB

Fecha de aparición 01/12/2025

ISBN 978-607-5893-68-6

DICTAMEN EDITORIAL

La presente obra fue arbitrada y dictaminada en dos procesos; el primero, fue realizado por el **COMITÉ EDITORIAL RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.** con sede en México; que sometió a los capítulos incluidos en la obra a un proceso de dictaminación a doble ciego para constatar de forma exhaustiva la temática, pertinencia y calidad de los textos en relación a los fines y criterios académicos de la misma, cumpliendo así con la primera etapa del proceso editorial. El segundo proceso de dictaminación estuvo a cargo del **COMITÉ CIENTÍFICO RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.**; donde se seleccionaron expertos en el tema para la evaluación de los capítulos de la obra y se procedió con el sistema de dictaminación a doble ciego. Cabe señalar que previo al envío a los dictaminadores, todo trabajo fue sometido a una prueba de detección de plagio. Una vez concluido el arbitraje de forma ética y responsable y por acuerdo del Comité Editorial y Científico de la Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. (REDIBAI), se dictamina que la obra **“BIENESTAR, SOSOTENIBILIDAD E INTERCULTURALIDAD”** cumple con la relevancia y originalidad temática, la contribución teórica y aportación científica, rigurosidad y calidad metodológica, actualidad de las fuentes que emplea, redacción, ortografía y calidad expositiva.

Dr. Daniel Armando Olivera Gómez

Director Editorial

Sello Editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.

(978-607-5893)

Dublín 34, Residencial Monte Magno

C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

Cel 2282386072

Xalapa, Veracruz. México a 01 de diciembre de 2025

CERTIFICACIÓN EDITORIAL

RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. (REDIBAI) con sello editorial **No. 978-607-5893** otorgado por la Agencia Mexicana de ISBN, hace constar que el libro **“BIENESTAR, SOSOTENIBILIDAD E INTERCULTURALIDAD”** registrado con el **ISBN 978-607-5893-68-6** fue publicado por nuestro sello editorial con fecha de aparición del 01 de diciembre de 2025 cumpliendo con todos los requisitos de calidad científica y normalización que exige nuestra política editorial.

Fue evaluado por pares académicos externos y aprobado por nuestro Comité Editorial y Científico.

Todos los soportes concernientes a los procesos editoriales y de evaluación se encuentran bajo el poder Editorial de **RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. (REDIBAI)**, los cuales están a disposición de la comunidad académica interna y externa en el momento que se requieran.

La normativa editorial y repositorio se encuentran disponibles en la página **<http://www.redibai-myd.org>**

Doy fe.

Dr. Daniel Armando Olivera Gómez

Director Editorial

Sello Editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.
(978-607-5893)

Dublín 34, Residencial Monte Magno

C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

Cel 2282386072

CONTENIDO

PRÓLOGO	1
ABSORCIÓN DE CONOCIMIENTO Y SU ATRIBUCIÓN EN LA COMPETITIVIDAD DE GRANDES ORGANIZACIONES ACUÍCOLAS DE AHOME, SINALOA	2
JOSÉ CRISÓFORO CARRAZCO ESCALANTE JESÚS MANUEL HERRERA CEBREROS ROMÁN ROJO URREA MARCO ANTONIO BENÍTEZ-VILLEGAS	
RESILIENCIA E INNOVACIÓN SOCIAL EN MICROEMPRESAS PANIFICADORAS MAYO-YOREME LIDERADAS POR MUJERES EN EL NORTE DE SINALOA	15
JOSÉ CRISÓFORO CARRAZCO ESCALANTE CLAUDIA PATRICIA SACRISTÁN RODRÍGUEZ NARCE DALIA REYES PÉREZ ABIGAIL LOERA OLIVAS	
FACTORES Y DESAFÍOS QUE INTERVIENEN EN LA INSERCIÓN LABORAL DE LOS EGRESADOS EN SU PRIMER EMPLEO	30
JEANETH GUADALUPE TORRECILLAS AVILA IVÁN GONZÁLEZ LAZALDE MARÍA QUETZALCIHUATL GALVÁN ISMAEL MAYELA DEL RAYO LECHUGA NEVÁREZ	
IMPACTO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LAS UNIVERSIDADES DE SONORA: ESTRATEGIAS DE GOBERNANZA ALGORÍTMICA Y GESTIÓN DE DATOS	42
ELIZABETH SANTILLÁN TARAZÓN ANDREA GUADALUPE HURTADO ARVIZU NADIA YAMILETH BERMÚDEZ LÓPEZ	
CALIDAD EN PRODUCTOS Y PROCESOS AGROINDUSTRIALES	53
MARÍA GUADALUPE OSUNA ESTRADA RAÚL LOREDO MEDINA GRACE ERANDY BÁEZ HERNÁNDEZ JUAN HÉCTOR ALZATE ESPINOZA	

LOS MANGLARES DEL NORTE DE SINALOA: BIODIVERSIDAD Y PATRIMONIO BIOCULTURAL PARA EL DESARROLLO

COMUNITARIO

JESÚS MANUEL DÍAZ GAXIOLA
GERARDO RANGEL COTA

70

CAMINANDO ENTRE PLÁSTICOS: LA DOBLE CARA DE LA INNOVACIÓN Y EL DESASTRE AMBIENTAL

JESÚS MANUEL DÍAZ GAXIOLA
MARÍA ELENA ALCORCHA MIRANDA
ARELY ARCHULETA TORRES
ELIDEÉ DEL CARMEN CASTRO ESTRADA

82

LA IMPORTANCIA DEL SUELO EN EL PATRIMONIO BIOCULTURAL: CONECTANDO LA BIODIVERSIDAD CON LA SOSTENIBILIDAD

JESÚS MANUEL DÍAZ GAXIOLA
ROSARIO BIANEY ARMENTA ARREDONDO
JUANA MELIZA GUTIÉRREZ AYALA

94

CARACTERÍSTICAS DEL CAPITAL HUMANO QUE OPERA PLATAFORMAS DIGITALES DE HOSPEDAJE

JOSÉ HUMBERTO ESCOBEDO DE LA TORRE
MAYELA DEL RAYO LECHUGA NEVÁREZ
JUANA HERNÁNDEZ CHAVARRÍA
IVÁN GONZÁLEZ LAZALDE

106

VARIABILIDAD DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN EL ESTADO DE SINALOA, MÉXICO

JESÚS MANUEL DÍAZ GAXIOLA
JANETH MARÍA OCAMPO CÁRDENAS

117

FORMULACIÓN DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS NITROGENADOS (FLN) COMO OPCIÓN DE ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN EL FERTIRRIEGO

SANTIAGO MANUEL LÓPEZ ARAUJO
JESÚS RAMÓN RODRÍGUEZ APODACA
ADALID GRACIANO OBESO
ALMA LORENA QUINTERO ROMANILLO
ELVIA NEREYDA RODRÍGUEZ SAUCEDA

128

APLICACIÓN DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA; UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ (ZEA MAYS L.) EN GUASAVE, SINALOA

143

ADALID GRACIANO OBESO
JESÚS ALBERTO BÁEZ HIGUERA
JESÚS URIEL LÓPEZ ATONDO
GREGORIO POLLORENA LÓPEZ

EFECTO DE SUBPRODUCTO DERIVADO DE GUSANO COGOLLERO (SPODOPTERA FRUGIPERDA) EN LA CONCENTRACIÓN DE CONIDIOS DEL HONGO ENTOMOPATÓGENO (METARHIZIUM ANISOPLIAE)

155

ADALID GRACIANO OBESO
JESÚS RAMÓN RODRÍGUEZ APODACA
ADARA GRACIANO OBESO
SANTIAGO MANUEL LÓPEZ ARAUJO

CONSUMO DE STEVIA REBAUDIANA EN EL MUNICIPIO DE GUASAVE: ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN Y HÁBITOS DE LOS CONSUMIDORES

163

JANETH CAMACHO CARRILLO
GRACE ERANDY BÁEZ HERNÁNDEZ
ADALID GRACIANO OBESO
GREGORIO POLLORENA LÓPEZ

HACIA UNA FRONTERA INTELIGENTE: BRECHAS SOCIOECONÓMICAS Y OPORTUNIDADES DE INTEGRACIÓN DIGITAL EN BAJA CALIFORNIA

174

JUAN ANTONIO MEZA FREGOSO

CONTRADICCIONES ESTRUCTURALES Y POLÍTICAS PÚBLICAS CRÍTICAS PARA DISMINUIR LA CARGA PSICOSOCIAL EN ESTUDIANTES TRABAJADORES DEL TECN

187

LAMBERTO VÁZQUEZ VELOZ
MANUEL ANTONIO RIVERA RODRÍGUEZ
RAÚL RODRÍGUEZ HOYOS
ROLANDO DÍAZ GARCÍA

EL ACCESO A INVERSIONES INMOBILIARIAS A TRAVÉS DE LA TOKENIZACIÓN

198

LUIS FERNANDO GONZÁLEZ ORTEGA
JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ ÁLVAREZ
IVÁN GONZÁLEZ LAZALDE
MAYELA DEL RAYO LECHUGA NEVÁREZ
MARÍA QUETZALCIHUATL GALVÁN ISMAEL

SOSTENIBILIDAD EN MIPYMES BAJO EL MODELO TRIPLE BOTTOM LINE: EVIDENCIA EMPÍRICA EN DURANGO

208

ROBERTO ROJERO JIMÉNEZ
ROSALIA CARDONA GARCÍA
MARICELA MOJICA VARGAS
LIZ MARGARITA QUINTERO ROBLES

PRÓLOGO

En los últimos años, el tema de la sostenibilidad se ha contextualizado en diferentes ámbitos y connotaciones de la vida diaria en sociedad. Caso particular de esta diversidad de contextos, son el bienestar y la interculturalidad, que se presentan inherentes al desarrollo social y económico en los asentamientos humanos dentro sus diferentes niveles de organización, como lo son las zonas rurales, suburbios, ciudades y hasta las grandes metrópolis mundiales. El primero, desarrollándose mediante estrategias que permiten a la comunidad alcanzar un desarrollo social adecuado a su madurez, manteniendo una calidad de vida decente, apegada a lo enmarcado en los derechos humanos y otros tratados internacionales. El segundo, procurando el intercambio de saberes locales, ancestrales y culturales; que mantengan vivo su origen, cosmovisión e identidad en cada comunidad o pueblo originario, sin repercutir en sus derechos de autodeterminación.

Es por esto, la gran necesidad de seguir estudiando la sostenibilidad tocando las diferentes aristas que la integran, desde el ámbito académico, esto, fundamentado en el desarrollo tecnológico, la innovación y la investigación aplicada. Promoviendo siempre, así, un ambiente de respeto a la autodeterminación de las sociedades referente a sus creencias, usos, costumbres; incluyendo la gestión y uso de sus recursos naturales locales. Todo esto, bajo los preceptos legales aplicables en lo local e internacional.

Con base a lo anterior, podemos decir que la presente obra, representa un acercamiento al estudio de la sostenibilidad, abordando temáticas donde se triangulan el bienestar, la interculturalidad y como tema central la sostenibilidad; con sus aportes al desarrollo e innovación tecnológica.

Estas temáticas abordadas, se enmarcan en un orden temático y agrupadas en temas relacionados e interconectados como; el desarrollo con bienestar y humanismo, la igualdad sustantiva, derechos de las mujeres y grupos vulnerables, la innovación pública para el desarrollo, el desarrollo sustentable y el derecho de las comunidades indígenas.

Esperamos que esta obra, sea de su total agrado, beneplácito y puedan disfrutar de las lecturas, así como, de las aportaciones y reflexiones que las diferentes investigadoras e investigadores hacen en cada uno de los capítulos expuestos, orientados a la sociedad en general para generar conciencia, cambios paradigmáticos y formación de agentes de cambio, bajo el contexto sostenible.

Dr. Ramón Rodríguez Apodaca
UAIM

ABSORCIÓN DE CONOCIMIENTO Y SU ATRIBUCIÓN EN LA COMPETITIVIDAD DE GRANDES ORGANIZACIONES ACUÍCOLAS DE AHOME, SINALOA

José Crisóforo Carrasco Escalante

Universidad Autónoma de Sinaloa

josecarrasco@uas.edu.mx

<http://orcid.org/0000-0002-9979-4079>

Jesús Manuel Herrera Cebreros

Universidad Autónoma de Sinaloa

jesusmanuelherreracebreros9@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-3612-6648>

Román Rojo Urrea

Universidad Autónoma de Sinaloa

rojoroman@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3406-3934>

Marco Antonio Benítez-Villegas

Universidad Autónoma de Sinaloa

marco.benitez@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0008-7256-8793>

RESUMEN

La premisa del trabajo es evaluar la adaptabilidad de organizaciones acuícolas frente a las innovaciones tecnológicas, cambios regulatorios y dinámicas de competencia, comparar su desempeño ante competidores acuícolas en el municipio de Ahome, Sinaloa, México. Metodología. Se empleo un enfoque mixto, para proporcionar una visión integral y validada de fenómenos complejos, permitido para muestras pequeñas y análisis en profundidad. Los resultados accederán a identificar las fortalezas y áreas de mejora en la estrategia empresarial, considerando la agilidad de adaptación a cambios disruptivos y la gestión eficiente de conocimiento. El hallazgo principal reporta que las organizaciones acuícolas muestran una alta capacidad de adaptación mediante la absorción de conocimiento externo, pero enfrentan limitaciones para aplicar innovaciones de manera efectiva.

Palabras clave: Absorción de Conocimiento, Organización, Competitividad, Acuicultura, Acuicultura

ABSTRACT

The premise of this study is to evaluate the adaptability of aquaculture organizations in the face of technological innovations, regulatory changes, and competitive dynamics, comparing their performance with that of aquaculture competitors in the municipality of Ahome, Sinaloa, Mexico. Methodology. A mixed approach was used to provide a comprehensive and validated view of complex phenomena, allowing for small samples and in-depth analysis. The results will identify strengths and areas for improvement in business strategy, considering the agility of adaptation to disruptive changes and efficient knowledge management. The main finding reports that aquaculture organizations show a high capacity for adaptation through the absorption of external knowledge, but face limitations in effectively applying innovations.

Keywords: Knowledge Absorption, Organization, Competitiveness, Aquaculture

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura, como sector productivo estratégico alimentario, enfrenta actualmente múltiples desafíos derivados de un entorno global, dinámico y con exigencia de sostenibilidad. En este contexto, están obligadas los conjuntos acuícolas a ajustarse rápidamente ante innovaciones tecnológicas, normativas ambientales y responder a las fluctuaciones del mercado para atesorar su competitividad (FAO, 2022). Sancho-Zamora et al., (2022) reportan que la destreza para gestionar y adecuarse a las transformaciones del sector productivo representa un factor crítico para su persistencia y desarrollo a largo plazo por parte de una empresa u organización.

Los elementos primordiales para esta versatilidad, destaca la capacidad dinámica de la capacidad de absorción del recurso tácito (conocimiento-información clave), interpretándola como una capacidad empresarial para identificar, asimilar y aplicar el conocimiento externo, confiriéndolo en innovaciones que perfeccionen la competitividad según Cohen y Levinthal, 1990. En el panorama acuícola, para este rubro en particular, esta caracterizado por dinámicas variaciones tecnológicas y regulatorias, las organizaciones/empresas con alta capacidad de absorción de conocimiento que logran poseer ventajas significativas para adoptar y aplicar nuevas tecnologías, están reaccionando ágilmente ante cambios del mercado y sus normativas, alcanzan mejores condiciones competitivas.

El estudio de la capacidad de absorción (CapAb) representa interés entre las organizaciones y en especial atención para las empresas acuícolas del norte de Sinaloa; considerando el principal corredor camarónico en el noroeste de México. Estos conjuntos acuícolas o conocidas también como granjas productoras de alimentos marinos en el sector primario deben gestionar paralelamente la adopción de innovaciones, adaptación a nuevas regulaciones sanitarias e identificación de oportunidades de mercado (Flatten, 2011). En este punto, el recurso tácito externo

obtenido mediante talleres, seminarios, conferencias y redes estratégicas de negocios, se convierten en recursos claves para acrecentar la competitividad. A pesar de ello, su ejecución efectiva en procesos organizacionales continúa siendo un reto, al enmarcar la insuficiencia de estructuras internas que beneficien la asimilación y aplicación de conocimiento (Algarni, Leal-Rodríguez & Albort-Morant, 2023).

La presente investigación analiza cómo las organizaciones acuícolas ubicadas en el norte de Sinaloa (municipio de Ahome) tratan sus propias capacidades para robustecer su rentabilidad o sencillamente la “*sobrevivencia*”, tanto a nivel local, nacional e internacional. Se examinan tres factores: a) participación en eventos sectoriales, b) formación de redes estratégicas, c) implementación de innovaciones tecnológicas. Al comparar el desempeño de estas empresas con el de sus competidores, se busca valorar la efectividad de la CapAb en el ascenso de la rentabilidad, participación de mercado y eficiencia operativa. Ofreciendo una visión integral de cómo las organizaciones camaronícolas fortalecen sus capacidades adaptativas y estratégicas, aspecto esencial no solo para su sostenibilidad inmediata, sino para crear superioridades competitivas sostenibles ante un mercado global.

2. MARCO TEÓRICO

La FAO (2022) reporta un panorama acuícola cada vez más turbulento destacando tendencias donde las organizaciones enfrentan desafíos constantes para conservar su sostenibilidad; el éxito dependerá de acoger innovaciones tecnológicas, convenir regulaciones e identificar oportunidades mercadológicas. Camisón y Forés (2010) señalan que la innovación por sí sola no basta, la adaptación a los cambios regulatorios de sanidad y de mercado es igualmente esencial. A partir de datos empíricos, el estudio muestra que las organizaciones más ágiles no solo innovan, sino que responden con rapidez a los cambios disruptivos, asegurando su sostenibilidad y crecimiento.

La propuesta por Cohen y Levinthal (1990), al referirse a la CapAb como la habilidad organizacional para identificar, asimilar y aplicar conocimiento externo de forma efectiva deberá tener la capacidad de transformarla en ventaja competitiva. Teece (2007) complementa este enfoque al sostener que las organizaciones deberían reconfigurar sus recursos y capacidades para mantenerse competitivas en ambientes disruptivos. Lane y Lubatkin (1998) y, Zahra y George (2002) distinguen tres dimensiones de esta capacidad: a) adquisición, b) asimilación y c) aplicación del conocimiento.

Lane, Koka y Pathak (2006) destacan la necesidad de que el conocimiento sea asequible dentro de la organización; mientras que Todorova y Durisin (2007) subrayan el papel de la estructura, capital humano y cultura innovadora. Estos

componentes proporcionan la adaptación tecnológica y regulatoria, así como la identificación de conveniencias en mercados competitivos (Alhusen et al., 2021). Basado en la teoría de capacidades dinámicas de Teece (2007) y el modelo de capacidad de absorción de Cohen y Levinthal (1990), el estudio ofrece recomendaciones para fortalecer la gestión del conocimiento y mejorar la adaptabilidad organizacional. Se propone una visión integral de cómo la integración del conocimiento externo impulsa la innovación y la competitividad sostenible en el sector acuícola.

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo centra su estudio particularmente en ocho grandes organizaciones acuícolas del municipio de Ahome, Sinaloa. Examinando cómo negocian sus capacidades de absorción para integrar innovaciones, adaptarse a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) sobre producción y especialización de productos acuáticos y, competir en un entorno no solo local o nacional, sino global. Se evalúa el impacto de esta capacidad en la rentabilidad, participación de mercado y eficiencia operativa (Chingay et al., 2022; Vargas Pérez & Malaver Rodríguez, 2022).

La confiabilidad interna en la construcción del instrumentos de medición psicológico, educativos y sociales es fundamental. El instrumento utilizado y compuesto por 18 ítems en una escala Likert de cinco puntos, obtuvo un coeficiente alfa de Cronbach de 0.91, evidencia una consistencia interna aceptable (Tabla 1). De acuerdo con Nunnally y Bernstein (1994) y Thorndike (1995), los valores superiores a 0.90 reflejan una confiabilidad óptima en contextos aplicados.

Tabla 1. Alfa de Cronbach

Coeficiente de confiabilidad del instrumento	0.91
Número de ítems en el instrumento	18
Suma de varianzas de ítems	14.1
Varianza total del instrumento	101.1

El valor calculado, que integra las varianzas de los ítems (14.1) y la varianza total (101.1), indica que la mayor proporción de varianza proviene de la relación entre los ítems y no del error aleatorio, lo que respalda la consistencia interna y la validez del instrumento. El estudio analiza cómo ocho organizaciones acuícolas del norte de Sinaloa gestionan la innovación tecnológica, adoptan prácticas sustentables y desarrollan capacidades de absorción para fortalecer su competitividad. Los datos se obtuvieron mediante un cuestionario que evaluó la participación en seminarios, redes estratégicas y la respuesta ante cambios tecnológicos y regulatorios.

Aunque el enfoque de métodos mixtos ofrece una visión integral, los sesgos derivados de entrevistas presenciales y la muestra limitada a Sinaloa pueden

restringir la generalización de los hallazgos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020; Tashakkori & Teddlie, 2010). Sin embargo, la mixtura de métodos cualitativos y cuantitativos consiente una comprensión más profunda del fenómeno y refuerza la credibilidad de los resultados (Creswell & Plano Clark, 2017). En la indagación cualitativa, las muestras pequeñas son legítimas al privilegiar la profundidad analítica sobre la representatividad (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020).

3.1. Instrumento

La investigación examinó variables relacionadas con la gestión y adaptación del conocimiento organizacional, enmarcadas en el modelo de CapAb. Las variables se estructuraron en cuatro dimensiones: i) adquisición, ii) asimilación, iii) transformación y iv) explotación.

Para su medición se manejaron ítems validados en estudios previos sobre capacidades organizacionales, empleando una escala Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo). Ejemplos de ítems incluyen:

- ❖ *“Nuestra organización utiliza eficazmente el conocimiento externo para mejorar sus procesos y productos.”*
- ❖ *“La empresa posee habilidades suficientes para convertir información externa en resultados productivos.”*

Los participantes expresaron su grado de acuerdo, manifestando su percepción sobre el uso del recurso externo. También, se aplicó una escala similar para medir la competitividad, evaluando la posición de la organización frente a sus principales competidores. Un ítem representativo fue:

- ❖ *“La participación de mercado de nuestra empresa, en comparación con la de nuestros principales competidores, es...”*

3.2. Contexto Sociodemográfico: Desarrollo del Cultivo de Camarón en la Zona Costera de Sinaloa

La acuicultura del camarón blanco es esencial para la economía de Sinaloa, principal productor nacional. En 2022, el estado generó 33,800 toneladas, equivalentes al 65% de la producción nacional; en 2023, la región norte aportó 12,500 toneladas (60% del total estatal), con un crecimiento del 4.5% respecto al año previo (Secretaría de Pesca y Acuicultura de Sinaloa, 2021). La mayoría se destina a la exportación hacia Estados Unidos, Japón y Europa, generando más de 400 millones de dólares (Seinmex, 2023).

El sector emplea cerca de 10,000 personas de forma directa y 20,000 indirectamente, principalmente en cosecha y comercialización (Secretaría de Pesca y Acuicultura de Sinaloa, 2021). No obstante, persisten problemáticas laborales como condiciones precarias y limitado acceso a beneficios sociales.

El crecimiento acuícola también ha generado impactos ambientales, especialmente por la pérdida de manglares —estimada en 20% en las dos últimas décadas— debido a la expansión de estanques, afectando la biodiversidad y la protección costera. Además, los efluentes de las granjas contribuyen a la eutrofización y

degradación de ecosistemas marinos (Secretaría de Pesca y Acuicultura de Sinaloa, 2021).

Para mitigar estos efectos, se implementan tecnologías sostenibles, como sistemas de recirculación de agua y proyectos de reforestación de manglares, que buscan equilibrar la producción con la conservación ambiental. Si se adoptan prácticas más responsables en gestión hídrica, control de contaminación y condiciones laborales, se espera que la acuicultura del norte de Sinaloa continúe creciendo en 2024, avanzando hacia un modelo sostenible e inclusivo que beneficie a las comunidades locales.

4. RESULTADOS

Con base en los datos de la Tabla 2, se realizó un análisis estadístico descriptivo para identificar patrones estructurales y posibles correlaciones entre las variables sociodemográficas, técnicas y comerciales de las unidades acuícolas estudiadas.

Tabla 2. Caracterización técnica y sociodemográfica de granjas acuícolas en el norte de Sinaloa

Granja	Tamaño de empresa (empleados)	Área cultivada Hectáreas (ha)	Sistema de cultivo	Exportaciones (países)	Raceras	Edad	Profesión del productor	Edad del productor
G/AH 1	Pequeña (1-50)	200	Semi-intensivo	No exporta	No	11 a 15 años	Ingeniero en química de alimentos	40-45 años
G/AH 2	Grande (>250)	400	Semi-intensivo	China, España, EUA	Sí	11 a 15 años	Ingeniero en biotecnología acuícola	40-45 años
G/AH 3	Mediana (51-250)	555	Semi-intensivo	EUA	Sí	37 años (desde 1982)	Preparatoria	>45 años
G/AH 4	Mediana (51-250)	570	Semi-intensivo	No exporta	Sí	5 a 10 años	Biólogo acuicultor	>45 años
G/AH 5	Mediana (51-250)	480	Semi-intensivo	EUA, China, España, Francia	Sí	11 a 15 años	Biólogo acuicultor	>45 años
G/AH 6	Pequeña (1-50)	138	Semi-intensivo	No exporta	Sí	11 a 15 años	Biólogo acuicultor	>45 años
G/AH 7	Mediana (51-250)	495	Semi-intensivo /	China, España, EUA	Sí	5 a 10 años	Biólogo	>45 años

G/AH 8	Mediana (52-250)	600	Intensi vo Semi- intensi vo	EUA, Europa	Sí	20 años	Mecánico industrial	>45 años
-----------	---------------------	-----	---	----------------	----	---------	------------------------	-------------

Según la tabla, de las ocho granjas analizadas, seis (75%) son medianas (51–250 empleados), una grande (>250 empleados) y una pequeña (<50 empleados). El 75% de los acuicultores posee formación universitaria especializada en biología acuícola, biotecnología o ingeniería en alimentos, mientras que el 25% restante cuenta con formación técnica o intermedia no específica.

Entre las cinco granjas exportadoras, todas están dirigidas por acuicultores con educación universitaria, mientras que ninguna de las unidades sin este nivel académico exporta. Esto sugiere una relación directa entre la formación profesional y la orientación internacional. Asimismo, las granjas con personal especializado cultivan en promedio 505 ha, frente a 169 ha en las de menor calificación, lo que evidencia una diferencia significativa en capacidad operativa atribuible al capital humano.

Respecto a la edad, el 75% de los productores supera los 45 años y no se registran acuicultores menores de 40. En cuanto al uso de tecnologías *Raceway*, cinco granjas (62.5%) las emplean; todas son dirigidas por acuicultores mayores de 45 años con experiencia y formación universitaria. Este hallazgo contradice la idea de que la adopción tecnológica proviene de generaciones jóvenes, indicando que el liderazgo veterano con perfil técnico consolidado impulsa la innovación. Por último, las granjas orientadas a la exportación difieren claramente de las no exportadoras en diversas dimensiones analizadas (véase Tabla 3).

Tabla 3. Exportación y variables asociadas

Variable	Empresas exportadoras (n=5)	Países no exportadores (n=3)
Promedio de hectáreas	506 ha	303 ha
Uso de raceways	100%	0%
Educación universitaria técnica	100%	33%
Promedio de antigüedad	17.2 años	11.3 años

Las granjas exportadoras muestran mejores condiciones estructurales y profesionales; infraestructura tecnológica, experiencia y formación técnica son determinantes para su éxito internacional. El desarrollo acuícola regional es estratificado: el acceso a mercados globales, la escalabilidad y la adopción tecnológica dependen del tamaño empresarial y del capital humano calificado.

Las granjas pequeñas o sin personal técnico enfrentan barreras para incorporar tecnología o internacionalizarse. La correlación entre formación técnica y

desempeño empresarial confirma que el capital humano especializado es crucial para la competitividad en acuicultura comercial.

En cuanto a la CapAb, se analiza cómo ocho organizaciones productoras de camarón blanco del pacífico tiene la capacidad para desarrollar innovaciones, ajustarse a cambios regulatorios, hacer frente a la competencia de mercado, y comparando su desempeño en el municipio de Ahome. La encuesta permite evaluar rentabilidad, participación de mercado y eficiencia operativa mediante un enfoque mixto cuantitativo y cualitativo.

A) Adaptación a innovaciones tecnológicas

La adopción de innovaciones es clave para mejorar competitividad, optimizar procesos y reducir costos. Las acuícolas participan constantemente en seminarios y desarrollan redes estratégicas de negocios (Tabla 4), proporcionando actualización continua e integración de tecnologías emergentes, robusteciendo su eficiencia y sostenibilidad.

Tabla 4. Asistencia en Seminarios y Conferencias del Sector acuícola (R2)

Reactivo	Frecuencia (%)
Totalmente de acuerdo	40%
De acuerdo	40%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	10%
En desacuerdo	5%
Totalmente en desacuerdo	5%

Fuente: elaboración propia

Un alto porcentaje de las organizaciones acuícolas (80%) participan constantemente en seminarios, talleres y conferencias, demostrando un compromiso ante la innovación y prosperidad empresarial. Teece (2007), señala que la adopción de nuevas tecnologías y la optimización de capacidades operativas, coadyuban competir en un sector acuícola dinámico, resaltando que las capacidades dinámicas son clave para mantenerse competitivos en mercados cambiantes hoy en día.

B) Interconectividad y Acceso a Innovaciones (R3 y R4)

La interconectividad estratégica -redes- de negocios con actores del sector son fundamentales para acceder a información y tecnologías innovadoras recientes. Estas cohesiones sociales admiten intercambio de conocimientos y acceso a innovaciones que potencializan la competitividad. Estas interacciones con empresas “competidores”, investigadores y expertos aseguran que las organizaciones se mantengan a la vanguardia y respondan ágilmente a los embates del mercado.

Tabla 5. Relaciones con Agentes del Sector (R3 y R4)

Reactivo	Frecuencia (%)
Totalmente de acuerdo	45%
De acuerdo	35%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	10%
En desacuerdo	5%
Totalmente en desacuerdo	5%

El 80% de las organizaciones considera primordial fundar contactos con actores clave del sector acuícola para mantenerse al tanto de innovaciones (Tabla 5). Según Cohen y Levinthal (1990), las organizaciones con alta capacidad de absorción de conocimiento integran y aplican eficazmente información externa. Este nivel de networking fortalece el uso del conocimiento externo, estimulando competitividad y adaptación.

C) Adaptación a cambios regulatorios y competencia

Acomodarse a cambios regulatorios es decisivo para garantizar cumplimiento y sostenibilidad, principalmente en un sector acuícola con normativas frecuentes. Asimismo, registrar rápidamente los tendencias de la competencia influye directamente en rentabilidad y permanencia en el mercado. Las organizaciones con dirección proactivo ajustan sus estrategias ágilmente frente a nuevas regulaciones y competidores, conservándose competitivas.

Tabla 6. Reconocimiento de Cambios Regulatorios y Competencia (R5, R6, R7)

Reactivo	Totalmente de acuerdo (%)	De acuerdo (%)	Ni de acuerdo ni en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Totalmente en desacuerdo (%)
R5: Reconocimiento de cambios técnicos	45%	30%	15%	5%	5%
R6: Reconocimiento de cambios regulatorios	45%	25%	20%	5%	5%
R7: Reconocimiento de cambios en competencia de mercado	50%	25%	15%	5%	5%

Los entrevistados indicaron su acuerdo con las afirmaciones, reflejando la percepción sobre la capacidad de la organización para usar conocimiento externo de manera práctica. Para valorar desempeño competitivo, se empleó una escala Likert de cinco puntos sobre la posición frente a competidores directos. La Tabla 6 evidencia que la mayoría se percibe fuerte en adaptación a cambios regulatorios y competitivos. Según Teece (2007), las organizaciones dinámicas anticipan y reaccionan rápidamente a los cambios, lo que es clave para la competitividad,

aunque un reducido porcentaje evidencia resistencia o lentitud, limitando su capacidad de respuesta.

D) Balance con competidores: rentabilidad y participación de mercado

Cotejar rentabilidad y participación de mercado accede a evaluar el desempeño relativo en el sector. La rentabilidad irradia eficiencia operativa y sostenibilidad financiera, en tanto, que la aportación de mercado indica demanda y aceptación de productos. Uno y otros indicadores son esenciales para concebir que la competitividad y el éxito a largo plazo en un sector acuícola globalizado es crucial.

Tabla 7. Rentabilidad y Participación de Mercado (R19 y R20)

Reactivo	Mayor (%)	Igual (%)	Menor (%)
R19: Rentabilidad comparada con competidores	20%	60%	20%
R20: Participación de mercado comparada con competidores	20%	60%	20%

Con base en la Tabla 7, el 60% de las organizaciones acuícolas perciben su rentabilidad y participación de mercado como similares a las de sus principales competidores, un 20% se consideran superiores y 20% inferiores. Esto indica competencia equilibrada, no obstante, algunas destacan por su adaptación y estrategias de innovación. Las discrepancias en desempeño podrían asociarse a adopción tecnológica, optimización de procesos y capacidad de absorción de conocimiento, otorgándoles ventaja competitiva.

E) Eficiencia costo-beneficio

La eficiencia operativa, clave para la competitividad, accede a mejorar recursos y comprimir costos. Las organizaciones innovadoras logran mayor rentabilidad sin complicar la calidad.

Tabla 8. Eficiencia Costo-Beneficio (R24)

Respuesta	Frecuencia (%)	Interpretación
Mayor	30%	30% de las organizaciones se creen más eficientes en costos, logrando ventaja competitiva en la optimización de recursos.
Igual	50%	50% distingue la eficiencia comparable a la de sus competidores, manifestando competencia equilibrada.
Menor	20%	El 20% restante reconoce menor eficiencia, punteando áreas de mejora en gestión de costos y operaciones.

La tabla 8, muestra eficiencia en costo-beneficio resultando crucial para sustentar la ventaja competitiva. Aunque el 50% de las organizaciones muestran niveles equilibrados de eficiencia, el 30% más eficaz optimizan recursos y comprimen costos, consiguiendo una ventaja en sostenibilidad.

5. CONCLUSIONES

Con un 80% de las organizaciones acuícolas productoras de camarón de granja en Ahome, Sinaloa; desarrollan y adoptan activamente innovaciones tecnológicas y, cambios regulatorios mediante seminarios especializados, conferencias, talleres y técnicas de cultivo vanguardistas. Un 80% de los acuacultores fundan vínculos estratégicos con actores del sector acuícola, revelando alta capacidad de absorción de conocimiento estratégico. Entre el 70% y 75% se consideran organizaciones bien posicionadas para adaptarse a cambios regulatorios y de mercado, sin embargo, un 10% presenta adaptación limitada, esto señala áreas de mejora en gestión de riesgos y aprendizaje institucional.

Respecto a desempeño competitivo, el 60% percibe rentabilidad y participación de mercado análogas a sus competidores, mientras que el 20% supera a la competencia. Conjuntamente, el 30% se considera más eficiente en costos, manifestando mayores capacidades estratégicas. Los hallazgos cualitativos subrayan que el aprendizaje organizacional, la apertura al cambio y la colaboración interinstitucional son elementos importantes sobre la competitividad. No obstante, las limitaciones estructurales de algunas sociedades podrían restringir su adaptabilidad.

En conclusión, aunque la mayoría de las organizaciones exponen buena adaptación, las diferencias sectoriales requieren estrategias focalizadas para optimizar la competitividad y sostenibilidad. La habilidad empresarial de responder a presiones tecnológicas, regulatorias y competitivas sigue siendo esencial para el éxito del sector acuícola en la región norte de Sinaloa.

6. DISCUSIÓN

Las organizaciones acuícolas del municipio de Ahome responden activamente a cambios tecnológicos, combinando su adaptación continua para mantenerse estratégicamente competitivas. Estas organizaciones exponen una fuerte responsabilidad ante la innovación y adopción tecnológica, alineándose con las capacidades dinámicas de acuerdo con Teece (2007), donde la habilidad para absorber y aplicar conocimiento extramuros es decisiva.

La contribución en seminarios, conferencias sectoriales y la colaboración con actores específicos reflejan el modelo de capacidad de absorción de Cohen y Levinthal (1990), proveyendo la unificación de conocimiento externo dentro de la organización. A pesar de, persiste una brecha entre adquisición de conocimiento y su aplicación práctica, lo que restringe la transformación de información en innovaciones tangibles y mejoras en procesos operativos.

En relación con el amoldamiento a cambios regulatorios por el gobierno y de mercado, la mayoría de las organizaciones acuícolas reacciona ágilmente, aunque un porcentaje menor muestra apuros en inteligencia competitiva, clave para anticipar amenazas según Porter (1985). En cuanto al desempeño, un 60%

distingue la rentabilidad y participación de mercado “*semejantes*” a sus principales competidores, mientras que un reducido grupo sobresale por eficiencia operativa o estrategias diferenciadas.

El factor costo-beneficio emerge como factor crítico para las organizaciones más eficientes ya que obtienen ventajas competitivas al optimizar sus recursos y automatizar procesos de producción, resguardando la relevancia de la eficiencia operativa en sectores dinámicos (Porter, 1985). En sinergia, las ocho organizaciones acuícolas estudiadas en Ahome desarrollan I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación) y, ejecutan estrategias empresariales sólidas, no obstante, enfrentan desafíos en implementación práctica “*tal vez, falta de recurso humano altamente calificado*” y competitividad frente a cambios del mercado.

7. REFERENCIAS

- Algarni, M. A., Ali, M., Leal-Rodríguez, A. L., & Albort-Morant, G. (2023). The differential effects of potential and realized absorptive capacity on imitation and innovation strategies, and its impact on sustained competitive advantage. *Journal of Business Research, 158*, 113674. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113674>
- Alhusen, H., Bennat, T., Bizer, K., Cantner, U., Horstmann, E., Kalthaus, M., ... & Töpfer, S. (2021). Una nueva concepción de medición para el modo de innovación "hacer-usar-interactuar". *Política de investigación, 50*(4), 104214.
- Camisón, C., & Forés, B. (2010). Knowledge absorptive capacity: New insights for its conceptualization and measurement. *Journal of business research*, *63*(7), 707-715.
- Carrasco Escalante, J. C., & León Balderrama, J. I. (2017). Capacidad de absorción y competitividad en el cultivo de camarón del municipio de Ahome, Sinaloa. *Estudios sociales (Hermosillo, Sonora)*, *27*(50). <https://doi.org/10.24836/es.v27i50.475>
- Chingay, S. N. S., Alfaro, W. I. M., Guerr, M. D. P. M., & Huamanchumo, R. M. E. (2022). Resiliencia y competitividad empresarial: Una revisión sistemática, período 2011--2021. *Revista de Ciencias Sociales (Ve), 28*(3).
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly, 35*(1), 128--152.
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). (2023). *Informe anual de producción acuícola 2022*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/informe-anual-de-produccion-acuicola-2022>
- FAO. 2022. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022. Aprovechar la automatización de la agricultura para transformar los sistemas agroalimentarios*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9479es>

- Flatten, T. C. et al. (2011) "A measure of absorptive capacity: Scale development and validation" *European Management Journal*. 29(2), 98-116.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Nunnally, J., & Bernstein, I. (1994). The Assessment of Reliability. *Psychometric Theory*, 3, 248--292. Nyhan, RC, and HA Marlowe. (1997). Development And Psychometric Properties Of The Organizational Trust Inventory. *Eval Rev*, *21*, 614-35.
- Porter, M. E. (1985). Competitive advantage. *New York*, *13*.
- Sancho-Zamora, R., Hernández-Perlines, F., Peña-García, I., & Gutiérrez-Broncano, S. (2022). The Impact of Absorptive Capacity on Innovation: The Mediating Role of Organizational Learning. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 842. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020842>
- Secretaría de Economía de Sinaloa. (2022). Informe sobre la industria acuícola en Sinaloa: Perspectivas y retos. Gobierno del Estado de Sinaloa.
- Secretaría de Pesca y Acuicultura de Sinaloa. (2021). Datos de producción acuícola en Sinaloa: Análisis 2020.
- Seinmex. (2022). Sinaloa: Primer lugar acuícola en 2022. Recuperado de <https://seinmex.com>
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2010). *Sage Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic management journal*, *28*(13), 1319-1350.
- Todorova, G. y B. Durisin (2007) "Absorptive capacity: Valuing a reconceptualization" *Academy of Management Review*. Vol. 32(3), pp. 774-786.
- Vargas Pérez, M., & Malaver Rodríguez, F. (2022). Las capacidades de absorción en distintos contextos tecnológicos. *innovar. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 32(84), 141-158. <https://doi.org/10.15446/innovar.v32n84.100545>
- Zahra, S. A. y G. George (2002) "Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension" *Academy of Management Review*. Vol. 27, núm. 2, pp. 185-203.

RESILIENCIA E INNOVACIÓN SOCIAL EN MICROEMPRESAS PANIFICADORAS MAYO-YOREME LIDERADAS POR MUJERES EN EL NORTE DE SINALOA

José Crisóforo Carrazco Escalante

Universidad Autónoma de Sinaloa

josecarrazco@uas.edu.mx

<http://orcid.org/0000-0002-9979-4079>

Claudia Patricia Sacristán Rodríguez

Universidad Cooperativa de Colombia

claudia.sacristanr@campusucc.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-0254-498X>

Narce Dalia Reyes Pérez

Universidad Autónoma de Sinaloa

narce.reyes@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9735-1402>

Abigail Loera Olivas

Universidad Autónoma de Sinaloa

abigailloera@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0008-4855-8704>

RESUMEN

Este capítulo analiza la resiliencia organizacional de microempresas panificadoras artesanales lideradas por mujeres Mayo-Yoreme en el norte de Sinaloa (México), situando su quehacer en la intersección entre identidad cultural, economías del cuidado y sostenibilidad territorial. Con un diseño cuantitativo, no experimental, descriptivo y transversal, se aplicó la Escala de Capacidades Resilientes en PyME mexicanas (Contreras Avila et al., 2023) a 31 propietarias, complementada con variables sociodemográficas y productivas. La medición consideró cuatro dimensiones: previsión, adaptación, recuperación y resiliencia ante contingencias. Los resultados muestran fortalezas en adaptación y respuesta a crisis, así como brechas en previsión estratégica y aprendizaje postcrisis. La evidencia sugiere que el anclaje comunitario, las redes locales y la transmisión intergeneracional de saberes contribuyen a la resiliencia, mientras que la baja escolaridad formal y la limitada formalización empresarial restringen la planificación y la documentación de lecciones aprendidas. Se discuten implicaciones para políticas públicas con enfoque intercultural y de género, y se formulan recomendaciones prácticas para fortalecer capacidades organizativas sin erosionar el patrimonio vivo: protocolos de gestión del conocimiento, certificaciones participativas, compras públicas con perspectiva

de género y articulación con sistemas regionales de innovación. El estudio aporta insumos para los ejes de igualdad sustantiva, desarrollo con bienestar y humanismo y derechos de comunidades indígenas, alineados con los ODS 5, 8, 10, 12 y 13. Aporta una lectura situada de la resiliencia como puente entre competitividad y reproducción cultural, y una agenda de intervención factible para contextos rurales indígenas.

Palabras clave: mujeres indígenas, microempresas artesanales, resiliencia organizacional, economía cultural, sostenibilidad territorial

ABSTRACT

This chapter examines organizational resilience in artisan bakery micro-enterprises led by Mayo-Yoreme women in northern Sinaloa, Mexico, positioning their work at the intersection of cultural identity, care economies, and territorial sustainability. Using a quantitative, non-experimental, descriptive, cross-sectional design, we administered the Mexican SME Resilience Capabilities Scale (Contreras Ávila, et al., 2023) to 31 owners, alongside sociodemographic and firm-level variables. Four dimensions were assessed: foresight, adaptation, recovery, and contingency resilience. Findings reveal strong adaptation and crisis response, contrasted with gaps in strategic foresight and post-crisis learning. Evidence suggests that community embeddedness, local networks, and intergenerational knowledge transmission bolster resilience, whereas low formal schooling and limited business formalization constrain planning and the routinization of lessons learned. We discuss policy implications through intercultural and gender lenses and offer actionable recommendations to strengthen organizational capabilities without eroding living heritage: knowledge-management protocols, participatory certifications, gender-responsive public procurement, and linkages with regional innovation systems. The study contributes to the thematic axes of substantive equality, development with humanism and well-being, and rights of Indigenous communities, aligned with SDGs 5, 8, 10, 12, and 13. We argue that resilience can bridge competitiveness and cultural reproduction, outlining a feasible intervention agenda for Indigenous rural contexts.

Keywords: Indigenous women, artisan micro-enterprises, organizational resilience, cultural economy, territorial sustainability

1. INTRODUCCIÓN

En el noroeste de México, las microempresas panificadoras artesanales lideradas por mujeres Mayo-Yoreme no solo son una fuente económica, sino que preservan lenguajes culinarios, redes de parentesco y normas comunitarias que anclan la vida cotidiana. Estas empresas, que operan en un entorno de ingresos estacionales, informalidad y desigualdad en el acceso a servicios, combinan trabajo doméstico y

productivo, gestionan riesgos con recursos limitados, y circulan símbolos que van más allá de los indicadores económicos tradicionales.

Para evaluar su desempeño, es esencial entender cómo la identidad, la gobernanza local y los cuidados se entrelazan en la organización del trabajo. El estudio aborda dos problemas clave: la falta de evidencia sobre las capacidades de resiliencia en microempresas artesanales indígenas y la brecha entre el reconocimiento cultural de estos oficios y su implementación en estrategias organizativas que promuevan la previsión, adaptación y aprendizaje postcrisis, sin perder los saberes tradicionales. Esta brecha afecta el bienestar familiar, la continuidad de la producción y la transmisión de conocimientos, especialmente ante crisis como la pandemia o cambios regulatorios. El objetivo es caracterizar las capacidades de resiliencia organizacional en estas microempresas y proponer intervenciones que respeten su patrimonio.

El análisis se basa en cuatro ejes teóricos: (a) economía cultural, que reconoce la doble naturaleza del producto artesanal y la necesidad de evitar la folklorización; (b) resiliencia organizacional y comunitaria, como un proceso relacional que combina recursos internos y redes locales; (c) empoderamiento y liderazgo de mujeres indígenas, enfocados en la agencia sobre tiempo, activos y decisiones colectivas, más que en el ingreso; y (d) innovación social para la sostenibilidad, aplicable a estructuras organizativas y comerciales compatibles con la gobernanza comunitaria. El enfoque cuantitativo, no experimental y transversal incluyó la aplicación de la Escala de Capacidades Resilientes en Pymes mexicanas a 31 propietarias, complementado con datos sociodemográficos y del negocio. El objetivo fue identificar patrones y brechas para orientar decisiones, como protocolos de gestión del conocimiento, certificaciones participativas, compras públicas con enfoque de género y vínculos con sistemas regionales de innovación. Este estudio se alinea con los ejes de la convocatoria —desarrollo con bienestar, igualdad sustantiva y derechos de comunidades indígenas— y con los ODS 5, 8, 10, 12 y 13, proponiendo una agenda realista para fortalecer la resiliencia sin comprometer la identidad de estos emprendimientos.

2. MARCO TEÓRICO

1) *Microempresas Artesanales e Identidad Cultural*

Las microempresas artesanales indígenas generan bienes con valor económico y cultural, promoviendo la identidad y la cohesión social. Productos como el pan artesanal, en contextos rurales latinoamericanos, no solo se valoran por su calidad, sino por su vínculo social y territorial, reflejando hospitalidad y reciprocidad (CEPAL, 2025). Estas empresas son clave para transmitir saberes ancestrales en productos que circulan entre lo local y lo global, y es necesario proteger este patrimonio cultural mediante una institucionalidad intercultural que evite su apropiación indebida (CEPAL, 2025). Las certificaciones que respeten los saberes locales refuerzan la

competitividad y el valor territorial de estos productos (Espeso-Molinero & Pastor-Alfonso, 2021; Chontasi et al., 2024).

2) *Resiliencia Organizacional y Comunitaria*

La resiliencia permite que las organizaciones y comunidades se adapten a crisis sanitarias, climáticas o de mercado. En las microempresas indígenas, la resiliencia se basa en redes de confianza y conocimiento local, lo que facilita una recuperación rápida (Ahmed AlMehri et al., 2023; Cuadrado Siosy, 2025). Para medirla, se deben evaluar tres áreas:

- Capacidades internas: adaptabilidad en procesos y fondos de contingencia (CEPAL, 2025).
- Redes de apoyo: colaboración con proveedores y clientes locales (Espeso-Molinero & Pastor-Alfonso, 2021).
- Aprendizaje organizacional: transmisión de conocimientos intergeneracionales.

A nivel comunitario, se mide a través de la cohesión social, gobernanza intercultural y protección de bienes comunes, especialmente frente a amenazas climáticas (CEPAL, 2025).

3) *Empoderamiento y Liderazgo de Mujeres Indígenas*

El empoderamiento de las mujeres indígenas implica el control sobre su economía, tiempo y decisiones colectivas. Además de los ingresos, es fundamental evaluar el acceso a activos, la participación en decisiones y el equilibrio entre trabajo productivo y de cuidados (Sánchez-Limón, 2025). Las políticas públicas deben apoyar a las mujeres mediante el acceso a crédito, propiedad y servicios de cuidado, asegurando que las normas locales se respeten (Farah, 2012; CEPAL, 2025). Esto debe medirse no solo por ventas, sino por la autonomía económica y la participación en decisiones (Rosas-Baños, 2012; Díaz, 2022).

4) *Innovación Social y Sostenibilidad*

La innovación social en comunidades indígenas se basa en recuperar prácticas ancestrales y fusionarlas con tecnologías modernas, promoviendo la sostenibilidad y la protección de ecosistemas (Fonseca Sánchez & Quintero Rizzuto, 2023; Dintrans et al., 2023). Las microempresas deben centrarse en:

- Organización: cooperativas, redes de comercialización y acuerdos de colaboración (Farah, 2012).
- Comercialización: certificación participativa y precios justos (Espeso-Molinero & Pastor-Alfonso, 2021).
- Digitalización: herramientas simples para el comercio electrónico accesible (Pineda-Escobar, 2022).

La innovación debe ser inclusiva, priorizando el bienestar común y evitando que las mujeres carguen con tareas adicionales. Las políticas de transición justa deben incluir servicios de cuidado y apoyo técnico (Díaz, 2022; Bauhardt, 2014; CEPAL, 2025).

Evaluación de la Innovación Social

Para evaluar la innovación en microempresas artesanales, se deben considerar cinco dimensiones: pertinencia cultural, cohesión social, desempeño económico, sostenibilidad ambiental y gobernanza multinivel (CEPAL, 2025; Hernández & Neri, 2022). Las políticas públicas deben apoyar estas iniciativas mediante certificación participativa, compras con enfoque de género y financiamiento accesible (World Bank, 2020; CEPAL, 2025). Para una gestión efectiva, es clave priorizar estrategias simples y adaptadas a las necesidades locales, como bitácoras, fondos de contingencia y protocolos para riesgos climáticos (Ahmed AlMehri et al., 2023).

3. METODOLOGÍA

Diseño de estudio

El estudio utilizó un enfoque cuantitativo, no experimental y transversal para caracterizar la resiliencia organizacional de microempresas panificadoras artesanales lideradas por mujeres Mayo-Yoreme en Sinaloa, identificando patrones y desafíos sin intervenir en las dinámicas productivas.

Población, muestra y muestreo

La población estuvo formada por mujeres propietarias de MiPymes dedicadas a la producción de pan artesanal en comunidades Mayo-Yoreme. La muestra incluyó participantes voluntarias seleccionadas por muestreo no probabilístico por conveniencia y la técnica de "bola de nieve" para superar la dispersión territorial y la baja formalización empresarial.

Criterios de selección

- **Inclusión:** propietarias de MiPymes de pan artesanal "pan de mujer".
- **Exclusión:** trabajadoras no propietarias y negocios sin propiedad femenina.
- **Eliminación:** participantes que abandonaron el estudio antes de completar el cuestionario.

Instrumento de medición

Se utilizó la **Escala de Capacidades Resilientes en Pymes Mexicanas** (Contreras Ávila et al., 2023), con 32 ítems distribuidos en cuatro dimensiones: previsión (6 ítems), adaptación (5 ítems), recuperación (9 ítems) y resiliencia frente a contingencias como la COVID-19 (12 ítems). Las respuestas se registraron en una escala Likert de siete puntos. También se incluyó una sección sociodemográfica (edad, escolaridad, antigüedad, empleados e ingresos). El alfa de Cronbach ($\alpha > .90$) garantiza la confiabilidad del instrumento en contextos similares.

Tabla 1. Evaluación de la Previsión Organizacional

Indicadores Clave	Promedio de Respuesta	Desviación Estándar	Hallazgos y Áreas de Mejora
Destinamos partida presupuestaria a resiliencia	5.6	1.2	La mayoría de las empresas priorizan el presupuesto para resiliencia, pero se observan respuestas dispersas, lo que sugiere una falta de cohesión estratégica en la planificación.
Contamos con plan estratégico financiero para contingencias	4.8	1.5	Se observa falta de consistencia en la implementación de planes estratégicos, con un promedio bajo. Las mujeres Mayo-Yoreme podrían aportar enfoques de gestión anticipatoria comunitaria, basados en su sabiduría cultural, para mejorar este aspecto.
Examinamos riesgos y beneficios de proyectos	5.3	1.3	Las empresas están evaluando riesgos, pero aún hay áreas de mejora en la evaluación integral, que debe incluir no solo factores financieros, sino también sociales y ambientales.

Fuente: elaboración propia

La interpretación de los resultados se realizó a nivel de dimensiones y globalmente. Las respuestas se sumaron o promediaron por dimensión, y la puntuación total reflejó el nivel general de resiliencia. Al no haber puntos de corte fijos en la escala, se clasificaron las empresas en rangos bajo, medio y alto según medidas de tendencia central y percentiles.

Recolección de datos

El cuestionario se aplicó individualmente, en formato impreso o digital, según preferencia. Se explicó el propósito del estudio y se obtuvo el consentimiento informado, garantizando la confidencialidad. El tiempo promedio de respuesta fue de 15 a 20 minutos, con asistencia para aclarar dudas.

Análisis de datos

Los cuestionarios fueron codificados y analizados con SPSS. Se calcularon medidas descriptivas (media, desviación estándar, frecuencias) y se evaluó la consistencia interna con el coeficiente alfa de Cronbach, confirmando la fiabilidad del instrumento.

Consideraciones éticas

El estudio se realizó conforme al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación (2014). Las participantes firmaron consentimiento informado y fueron notificadas de su derecho a retirarse sin consecuencias. Los datos se manejaron de manera anónima y con fines académicos.

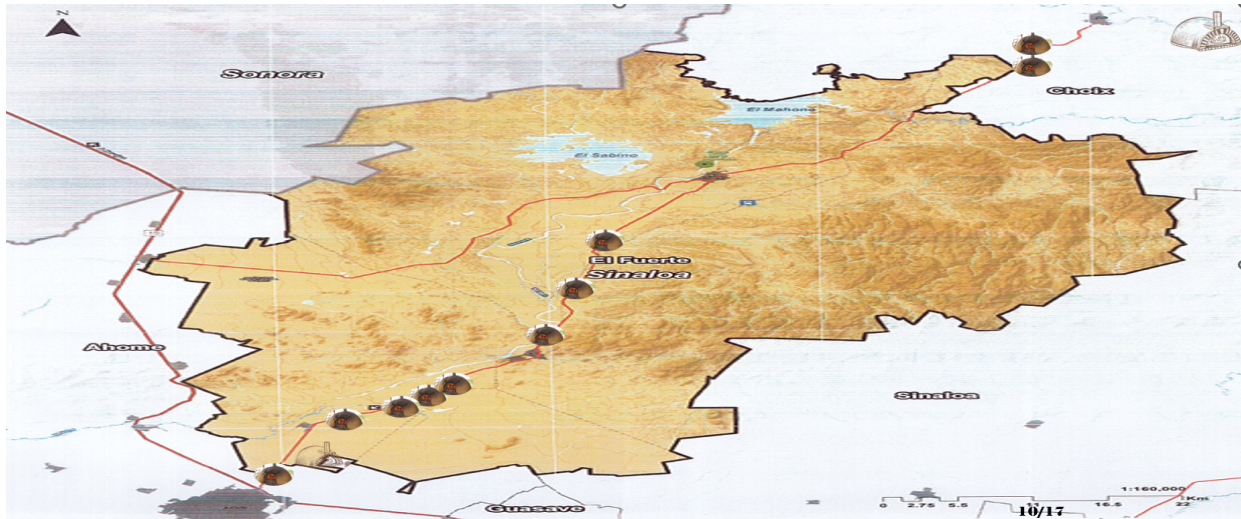
Contexto territorial

Las microempresas se encuentran en comunidades rurales del norte de Sinaloa, como Ahome y El Fuerte, en localidades como Dos de Abril, Los Taxtes, Benito

Juárez, Lázaro Cárdenas, Charay y Mochichahui. Este contexto es clave para entender las limitaciones de acceso a mercados y servicios, así como la riqueza cultural que sustenta la producción artesanal de pan, transmitida por generaciones de mujeres Mayo-Yoreme.

Imagen 1.

Ruta gastronómica microempresarias mayo-yoreme al norte de Sinaloa



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados locales: resiliencia y organización de las microempresas Mayo-Yoreme

El trabajo de campo en comunidades Mayo-Yoreme reveló que las microempresas panificadoras lideradas por mujeres son claves para la reproducción cultural y económica. A pesar de su tamaño y dispersión, estas unidades combinan lo productivo con lo simbólico, siendo la elaboración del pan tanto un medio de subsistencia como una práctica cultural generacionalmente transmitida. La aplicación de la Escala de Capacidades Resilientes en Pymes (Contreras Ávila et al., 2023) mostró que las empresarias destacaron en capacidad de recuperación durante y después de la pandemia.

Los resultados indican que mantuvieron la producción mediante estrategias flexibles de insumos y horarios, apoyadas por redes familiares y comunitarias. Esto confirma estudios como los de García-Contreras et al. (2021), quienes hallaron que las pymes con fuertes vínculos comunitarios tienen mayor capacidad de adaptación ante crisis. La resiliencia organizacional en contextos indígenas, sin embargo, no depende solo de la diversificación productiva, sino también de las normas comunitarias de cooperación y reciprocidad.

Un rasgo distintivo es el papel central de las mujeres en la gobernanza cotidiana. Además de liderar los procesos productivos, integran su trabajo con prácticas de cuidado comunitario. Como señala Díaz (2022), “las mujeres indígenas sostienen el tejido social en tiempos de crisis al entrelazar actividades productivas con labores

de cuidado” (p. 88). Durante la pandemia, esto se reflejó en turnos compartidos y estrategias colectivas de venta, priorizando a las familias más necesitadas.

Sin embargo, la escala reveló debilidades en la previsión, especialmente en la falta de planificación financiera a mediano plazo. A pesar de mantener sus negocios durante la pandemia, la ausencia de mecanismos formales de ahorro o micro seguros limitó su capacidad para anticipar nuevos choques. Esto coincide con estudios sobre nano empresas rurales lideradas por mujeres, que indican que “la falta de acceso a financiamiento y capacitación es un obstáculo recurrente para su consolidación” (Alvarado Lagunas et al., 2021, p. 42).

Los datos sociodemográficos muestran que la mayoría de las participantes tiene entre 35 y 55 años, con responsabilidades familiares y un bajo nivel de formalización empresarial (ver tabla 2). Esto resalta la necesidad de políticas que integren el cuidado como componente clave y promuevan el acceso a servicios financieros inclusivos, respetando las formas tradicionales de organización comunitaria.

Tabla 2. Datos sociodemográficos de propietarias de MiPymes de pan artesanal

Datos sociodemográficos	<i>f</i>	%	<i>M</i>	<i>D.E.</i>
Edad/años			49.4	13.0
20-25	0	0		
26-30	2	13.3		
31-35	1	6.6		
36-40	0	0		
41-45	3	20.0		
46 y más	9	60.0		
Antigüedad en el lugar de trabajo/años			22.7	14.7
Menor a 5	2	13.3		
6-10	1	6.6		
11-15	1	6.6		
Más de 16	11	73.3		
Escolaridad				
Sin estudios	1	6.6		
Primaria	4	26.6		
Secundaria	6	40.0		
Preparatoria	3	20.0		
Licenciatura	1	6.6		

Nota: *f*= frecuencia, %= porcentaje, *M*=media y *D.E.* desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

2. Discusión: resiliencia como proceso relacional

Los hallazgos del caso Mayo-Yoreme destacan la resiliencia como un proceso multinivel, que abarca dimensiones individuales, organizacionales y comunitarias. A nivel organizacional, la escala aplicada identificó capacidades internas y externas, pero la resiliencia también depende de la gobernanza comunitaria y la economía de los cuidados.

La resiliencia comunitaria reconfigura los vínculos entre la comunidad y el territorio para sostener modos de vida frente a amenazas externas. La capacidad de recuperación de las panificadoras Mayo-Yoreme se debe no solo a estrategias empresariales, sino a prácticas colectivas, como la organización de turnos, la redistribución de excedentes y la transmisión de conocimientos intergeneracionales. Este enfoque coincide con la economía solidaria, que subraya que la sostenibilidad de los emprendimientos depende de redes sociales y territoriales, no solo de competitividad en el mercado (Farah, 2012; Rosa & García, 2022).

El empoderamiento de las mujeres indígenas debe medirse no solo por ingresos, sino por su agencia colectiva y legitimidad en la toma de decisiones comunitarias. A pesar de los avances, persisten obstáculos estructurales como el acceso limitado a financiamiento, infraestructura deficiente y competencia con productos industrializados. Estos desafíos coinciden con el diagnóstico de la FAO (2021), que alerta sobre las amenazas a los sistemas alimentarios indígenas por la pérdida de biodiversidad y la presión de mercados globales. La resiliencia de las microempresas Mayo-Yoreme se construye sobre la solidaridad comunitaria, pero enfrenta desafíos estructurales que deben ser superados para garantizar su sostenibilidad en un entorno global adverso.

3. Comparación internacional: diálogos y aprendizajes

El análisis comparativo revela que las microempresas Mayo-Yoreme comparten características con experiencias de otras regiones de América Latina y el mundo. En primer lugar, el estudio de Rodríguez Rengifo y Quintero Sepúlveda (2021) destaca que la resiliencia empresarial se fortalece al integrar objetivos económicos y sociales. En el caso Mayo-Yoreme, la producción de pan no solo satisface necesidades alimenticias, sino que también promueve cohesión social y refuerza identidades locales.

En segundo lugar, investigaciones sobre emprendimiento indígena en contextos de cambio climático muestran que la resiliencia se construye mediante ajustes adaptativos de baja huella ecológica, como la diversificación de insumos y el rediseño de procesos (Ahmed AlMehrzzi, Tipu, & Sarker, 2023; Cuadrado Siosy, 2025). En las panificadoras Mayo-Yoreme, se sustituyeron insumos importados por productos locales y se adaptaron calendarios productivos a las restricciones sanitarias.

Un tercer paralelo se encuentra en los informes de la FAO (2021) y otros estudios sobre sistemas alimentarios indígenas, que destacan su rol en la seguridad alimentaria y su integración cultural, social y ambiental. La producción de pan en mayo-Yoreme, vinculada a festividades religiosas y prácticas comunitarias, refuerza la idea de que las microempresas artesanales indígenas son infraestructuras de vida, no solo unidades económicas.

Por último, estudios sobre nano empresas rurales lideradas por mujeres (Alvarado Lagunas et al., 2021) señalan que el acceso limitado a financiamiento y redes de

comercialización es un obstáculo clave. En el caso Mayo-Yoreme, las panificadoras enfrentan barreras para acceder a créditos formales y dependen de ventas locales. La solución no está en microcréditos estandarizados, sino en la creación de instrumentos financieros híbridos gestionados por las comunidades, adaptados a sus dinámicas culturales.

Tabla 3. Comparación internacional de resiliencia e innovación en microempresas indígenas

Aspecto	Mayo-Yoreme (México)	Caso latinoamericano (Colombia – Rodríguez Rengifo y Quintero Sepúlveda (2021))	Caso global (Sistemas alimentarios indígenas – FAO y la Alianza de Biodiversidad Internacional)
Actividad productiva	Pan artesanal como bien económico y cultural.	Negocios inclusivos en alimentos y servicios básicos.	Producción diversificada (maíz, yuca, pesca, caza, recolección).
Dimensión cultural	El pan se vincula con festividades y cohesión comunitaria.	Inclusión de valores comunitarios en diseño de modelos de negocio.	Sistemas alimentarios preservan lenguas, rituales y prácticas agrícolas ancestrales.
Resiliencia organizacional	Flexibilidad en insumos y horarios; redes familiares sostienen producción.	Innovación sostenible como estrategia de adaptación a la base de la pirámide.	Diversificación de cultivos, almacenamiento tradicional y conocimientos ecológicos locales.
Resiliencia comunitaria	Reciprocidad, cuidado compartido y turnos de colectivos de producción.	Redes comunitarias articuladas a cadenas de valor locales y regionales.	Cohesión social y gobernanza comunitaria para proteger biodiversidad y territorio.
Innovación	Sustitución de insumos importados, estrategias colectivas de venta.	Introducción de productos y procesos sostenibles con impacto social.	Prácticas agroecológicas y de bajo impacto ambiental, con transmisión intergeneracional.
Limitaciones	Bajo acceso a financiamiento y mercados formales.	Necesidad de institucionalidad robusta para escalar proyectos inclusivos.	Amenazas de pérdida de biodiversidad y presión de mercados globales.

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo (2025), Rodríguez Rengifo y Quintero Sepúlveda (2021) y FAO y la Alianza de Biodiversidad Internacional.

El fortalecimiento de las microempresas artesanales lideradas por mujeres indígenas debe alinearse con los derechos colectivos y el principio de consulta previa, libre e informada, respaldados por marcos jurídicos nacionales e internacionales. Estos marcos aseguran que los mecanismos de apoyo, como certificaciones participativas y compras públicas locales, sean co diseñados con las comunidades, no impuestos externamente.

Los sellos territoriales deben incluir criterios definidos por las productoras y autoridades tradicionales, garantizando su pertinencia cultural y la protección de los saberes colectivos. Además, incluir el pan artesanal en programas públicos de

alimentación (como desayunos escolares o servicios hospitalarios), con enfoque de género y reconocimiento del origen indígena, amplía mercados y materializa el derecho a la participación y el reconocimiento de los sistemas normativos propios.

Reflexiones críticas y recomendaciones:

Tres lecciones clave emergen de la discusión internacional: 1) La resiliencia es un proceso relacional que depende de los vínculos comunitarios y el aprendizaje colectivo; 2) El empoderamiento de las mujeres indígenas debe abordarse desde un enfoque interseccional; 3) La innovación social rural debe alinearse con la justicia cultural y ambiental, evitando el extractivismo cultural.

Se recomienda que las políticas públicas en México y América Latina refuercen mecanismos de certificación participativa, fondos rotatorios comunitarios y compras públicas con enfoque de género e interculturalidad. Estas medidas mejorarían la sostenibilidad económica de las microempresas artesanales y preservarían las prácticas culturales y ecológicas. La experiencia Mayo-Yoreme demuestra cómo la resiliencia organizacional, el empoderamiento femenino y la innovación social pueden generar alternativas de desarrollo local, respaldando la propuesta de la CEPAL (2025) de un desarrollo basado en el bien común, igualdad y respeto por los ecosistemas.

5. Síntesis

Los resultados indican que las microempresas panificadoras mayo-Yoreme son un ejemplo de innovación social inclusiva, donde la producción artesanal fomenta la resiliencia comunitaria y el empoderamiento femenino. La comparación internacional demuestra que estas dinámicas no son aisladas, sino parte de un patrón global en el que comunidades indígenas enfrentan crisis con estrategias locales creativas y de bajo impacto ecológico. Como señala Velázquez Ríos et al. (2024), la resiliencia organizacional es la capacidad de las empresas para adaptarse a eventos imprevistos (p. 2). En el caso Mayo-Yoreme, esta resiliencia se fortalece al integrarse con la resiliencia comunitaria y el liderazgo de mujeres indígenas, que preservan el patrimonio y gestionan oportunidades económicas.

La resiliencia organizacional de las microempresas lideradas por mujeres Mayo-Yoreme ofrece también profundas lecciones pedagógicas. En el plano formativo, su experiencia demuestra que la resiliencia no solo se enseña, sino que se vive y se transmite mediante el aprendizaje situado, intergeneracional y comunitario (Herrera & Zamora, 2022). Las estrategias de adaptación, cooperación y gestión del conocimiento observadas en estas emprendedoras pueden convertirse en referentes para programas educativos que busquen fortalecer competencias blandas —como la empatía, la creatividad y la autogestión— en contextos de incertidumbre. Promover procesos formativos inspirados en su práctica cotidiana permitiría resignificar la educación empresarial y de liderazgo desde una ética del cuidado y la reciprocidad, formando sujetos capaces de manejar crisis sin dejar de lado el sentido colectivo y cultural de su quehacer.

5. CONCLUSIONES

Las microempresas panificadoras mayo-yoreme, lideradas por mujeres, desarrollan resiliencia organizacional y comunitaria frente a vulnerabilidades y crisis globales. La investigación identificó patrones de resiliencia vinculados al empoderamiento femenino, la economía cultural y la innovación social inclusiva. Utilizando la *Escala de Capacidades Resilientes en Pymes Mexicanas*, se caracterizaron dimensiones como previsión, adaptación y recuperación, integradas con la gobernanza cultural del pueblo Mayo-Yoreme.

Las principales conclusiones son:

1. **Resiliencia híbrida:** Combinación de estrategias organizativas y prácticas comunitarias de solidaridad;
2. **Empoderamiento colectivo:** Las mujeres generan ingresos, fortalecen la cohesión social y participan en decisiones comunitarias;
3. **Innovación situada:** Innovaciones de bajo costo, como el uso de insumos locales y la venta colectiva en ferias;
4. **Limitaciones estructurales:** Barreras en acceso a financiamiento, infraestructura y mercados amplios, resaltando la necesidad de políticas públicas sensibles.

El modelo teórico propuesto combina economía cultural, resiliencia organizacional, liderazgo femenino e innovación social, resaltando la resiliencia como un proceso relacional y situado, entrelazando identidad cultural, sostenibilidad y agencia femenina.

Recomendaciones prácticas:

1. **Gestión del conocimiento:** Implementar un protocolo de crisis y bitácora mensual;
2. **Finanzas ligeras:** Crear un fondo de contingencia (10-15% de ingresos) y compras colectivas de insumos;
3. **Certificación participativa:** Desarrollar un sello territorial con criterios comunitarios y ambientales;
4. **Cuidados y tiempo:** Establecer alianzas para servicios de cuidado y formación modular;
5. **Alianzas seguras:** Colaborar con universidades para asistencia técnica respetuosa;
6. **Compras públicas locales:** Incluir pan artesanal en programas alimentarios con enfoque de género y reconocimiento indígena.

La agenda de investigación futura propone evaluar el impacto de la bitácora de gestión y el fondo de contingencia, estimar cómo los servicios de cuidado afectan la gestión empresarial, analizar el impacto del sello territorial sobre ventas y legitimidad y, explorar el comercio electrónico apropiado sin afectar la gobernanza cultural. Este enfoque sintetiza las dimensiones clave de la resiliencia y propone acciones claras para fortalecer las microempresas indígenas.

Agradecimiento:

Este capítulo/artículo es resultado del proyecto de investigación titulado "Perspectivas de planeación regional en Bogotá región metropolitana" con INV 3634 financiado por la dirección nacional de investigaciones de la Universidad Cooperativa de Colombia

6. REFERENCIAS

- Acosta, A. (2012). *Buen vivir Sumak Kawsay: Una oportunidad para imaginar otros mundos*. Editorial Abya-Yala.
- Ahmed AlMehrzi, A., Tipu, S. A., & Sarker, A. (2023). Determinantes, procesos e impactos del emprendimiento indígena: Una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Comunidades Emprendedoras: Personas y Lugares en la Economía Global*.
- Alvarado Lagunas, E., Morales Ramírez, D., & Ortiz Rodríguez, J. (2021). Emprendimiento de nanoempresas en el empoderamiento de mujeres neolonesas. *Revista Mexicana de Sociología*, 83(4), 863–895. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032021000400863
- Bauhardt, C. (2014). Solutions to the crisis? The Green New Deal, degrowth, and the solidarity economy: Alternatives to the capitalist growth economy from an ecofeminist economics perspective. *Ecological Economics*, 102, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.03.015>
- Bueno, S. C., & Ramírez, K. D. M. (2024). Resiliencia en el emprendimiento: Superando obstáculos y fracasos. *Travesía Emprendedora*, 8(2), 81–88.
- Chontasi, D., Espeso-Molinero, P., & Pastor-Alfonso, M. J. (2024). La sostenibilidad del turismo comunitario a través del pensamiento de resiliencia: El caso de Yunguilla (Ecuador). *Documents d'anàlisi geogràfica*, 71(1), 5–31. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.907>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2025). *Panorama de la institucionalidad social de los pueblos indígenas y su aporte a la cohesión social de América Latina* (Documentos de Proyectos, LC/TS.2025/31). CEPAL.
- Contreras Ávila, A., López Noriega, M. D., & Zalthén Hernández, L. (2023). Escala para medir las capacidades resilientes en las pymes mexicanas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 28(102), 872–887. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.102.26>
- Cuadrado Siosy, J. K. (2025). Emprendimientos indígenas de América Latina y el Caribe: Análisis de las prácticas de sostenibilidad. *REVESCO. Revista de Estudios Cooperativos*, 149, 1–21. <https://doi.org/10.5209/reve.101838>
- Díaz, N. Q. (2022). Economía del cuidado: Reflexiones para un feminismo decolonial. *Revista X*, 17(1), 322–340.
- Dintrans, P. V., Valenzuela, P., Castillo, C., Granizo, Y., & Maddaleno, M. (2023). Bottom-up innovative responses to COVID-19 in Latin America and the Caribbean: Addressing deprioritized populations. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 47, e92. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2023.92>

- Espeso-Molinero, P., & Pastor-Alfonso, M. (2021). Turismo indígena y resiliencia comunitaria: El ciclo adaptativo en el turismo de base local. En *Turismo de base local: Resiliencia, alternativa socioambiental y comunidad* (pp. 137–167). Icaria Editorial.
- FAO & Alliance of Biodiversity International and CIAT. (2021). *Indigenous peoples' food systems: Insights on sustainability and resilience from the front line of climate change*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb5131en>
- Farah, H. I. (2016). *Economía feminista y economía solidaria: ¿Alternativa al patriarcado?* Remte Red Boliviana de Mujeres Transformando la Economía.
- Fonseca Sánchez, J. C., & Quintero Rizzuto, M. L. (2023). Resiliencia del sistema alimentario y gobernanza policéntrica sobre el bien común frente al cambio climático. *Agroalimentaria Journal-Revista Agroalimentaria*, 28(55), 243–262. <https://doi.org/10.53766/Agroalim/2023.55.14>
- García-Contreras, R., Valle-Cruz, D., & Canales-García, R. A. (2021). Selección organizacional: Resiliencia y desempeño de las pymes en la era de la COVID-19. *Estudios Gerenciales*, 37(158), 73–84.
- Hernández Jaimes, B. G., Ramírez Pérez, J. A., Lara Ruiz, N., & Flores Velázquez, R. (2025). Resiliencia organizacional y estrategias de sostenibilidad en entornos de alta incertidumbre. En A. B. Benalcázar (Coord.), *Enfoques interdisciplinarios en ciencias sociales. Análisis de problemáticas contemporáneas* (Vol. I, pp. 154–165). Religación Press. <https://doi.org/10.46652/religacionpress.272.c437>
- Hernández, N. G., & Neri, H. M. O. (2022). *Con manos de mujer: Mujeres rurales de Río Grande, Zacatecas, México: Valoración a partir de sus identidades, saberes y tradiciones en la vida cotidiana como patrimonio cultural inmaterial*.
- Herrera, L., & Zamora, J. (2022). *Aprendizaje organizacional y resiliencia en contextos de incertidumbre: lecciones para la educación y la gestión del conocimiento*. *Revista Iberoamericana de Educación*, 88(1), 45–62. <https://doi.org/10.35362/rie8815127>
- Isailă, O.-M., Drima, E., & Hostiuc, S. (2023). An ethical analysis regarding the COVID-19 pandemic impact on oral healthcare in patients with mental disorders. *Healthcare*, 11(18), 2585. <https://doi.org/10.3390/healthcare11182585>
- Pineda-Escobar MA (2025;), "How to identify frugal innovation: make it relative and contextual". *International Journal of Innovation Science*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJIS-06-2024-0174>
- Rodríguez Rengifo, J. S., & Quintero Sepúlveda, I. C. (2021). Capacidades de innovación empresarial en América Latina. *Ciencias Administrativas*, 8(96). <https://doi.org/10.24215/23143738e096>

- Rosa, P., & García, I. L. (2022). La economía social y solidaria en el escenario de la pandemia COVID-19: Acciones, estrategias y propuestas futuras desde su “propia voz”. *Trabajo y Sociedad*, 23(38), 565–581.
- Rosas-Baños, M. (2012). Economía ecológica y solidaria: Rumbo a una propuesta teórica integrada que visualice las rutas hacia la transición. *Revibec: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 18, 89–103.
- Sánchez-Limón, M. L. (2025). La gestión estratégica del sector artesanal: Un enfoque integral desde las ciencias administrativas para el desarrollo sostenible y la preservación cultural. *Ciencias Administrativas. Teoría y Praxis*, 21(2), 14-32. DOI: <https://doi.org/10.46443/catyp.v21i2.475>
- Velázquez Ríos, B., Contreras Montellano, Ó. F., Olea Miranda, J., & Morales, E. (2024). Navegando tormentas: Resiliencia organizacional de pequeñas y medianas empresas intensivas en conocimiento. *Frontera Norte*, 36, e2388. <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2388>
- World Bank. (2020). *Mujer, empresa y el derecho 2020* [Informe]. World Bank. <https://hdl.handle.net/10986/32639>

FACTORES Y DESAFÍOS QUE INTERVIENEN EN LA INSERCIÓN LABORAL DE LOS EGRESADOS EN SU PRIMER EMPLEO.

Jeaneth Guadalupe Torrecillas Avila

Tecnológico Nacional de México/ I.T. Durango

12040488@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0001-9552-8910>

Iván González Lazalde

Tecnológico Nacional de México/ I.T. Durango

igonzalet@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/000-0002-6728-4381>

María Quetzalcihuatl Galván Ismael

Tecnológico Nacional de México/ I.T. Durango

qgalvan@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3117-5121>

Mayela del Rayo Lechuga Nevárez

Tecnológico Nacional de México/ I.T. Durango

mlechuga@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3221-0742>

RESUMEN.

El objetivo de este artículo es identificar y analizar los factores y desafíos que influyen en los egresados al integrarse a su *'primer empleo'*, considerando las *'competencias adquiridas'* durante su *'formación académica'* y las demandas del mercado laboral. La investigación adopta un diseño descriptivo, exploratorio, mixto y correlacional, situado en las áreas de educación y economía de los egresados de instituciones de educación superior. El enfoque descriptivo permite perfilar a los egresados y recolectar información sobre variables como *'inserción laboral'*, *'competencias'*, *'habilidades demandadas'*, *'factores sociales'*, personales y profesionales que influyen en las dificultades del empleo. La naturaleza exploratoria responde a la escasa investigación sobre esta temática, que impacta significativamente en la economía y plantea la necesidad de comprender las causas que llevan a los egresados a enfrentar obstáculos para conseguir su primer empleo profesional.

Para ello, se trabajó con una muestra de 297 egresados, mediante encuestas, se caracterizó a los participantes según variables demográficas como *'género'*, *'año de egreso'*, así como las *'competencias adquiridas'*. Se describieron sus condiciones

laborales, incluyendo tiempo de búsqueda, tipo de empleo obtenido, '*nivel salarial*', alineación entre formación y funciones desempeñadas.

La investigación incorpora un enfoque explicativo, orientado a identificar y comprender los factores que generan dificultades en la '*inserción laboral*' y por qué algunos egresados enfrentan mayores retos para acceder al empleo. Los hallazgos aportan evidencia para reducir las brechas entre educación superior y mercado laboral, además de proponer estrategias que mejoren la empleabilidad y faciliten la transición hacia el 'primer empleo'.

Palabras clave: Egresados, economía, factores, '*inserción laboral*'.

ABSTRACT.

This article aims to identify and analyze the factors and challenges influencing graduates as they transition into their first employment, considering the competencies acquired during their academic training and the requirements of the labor market. The study employs a descriptive, exploratory, mixed-method (quantitative and qualitative), and correlational design, within the fields of education and the economics of higher education graduates. The descriptive component profiles graduates and collects data on variables such as labor market integration, employment challenges, competencies, in-demand skills, and social, personal, and professional factors affecting employability.

The exploratory nature of the research addresses the limited literature on graduate employment difficulties, a topic with significant economic and social implications, highlighting the need to understand the underlying causes that hinder access to first professional positions. Data were collected from a sample of 297 higher education graduates using structured surveys. Participants were characterized based on demographic variables, including gender, year of graduation, and acquired competencies, while their employment conditions were examined in terms of job search duration, type of employment obtained, salary level, and alignment between academic preparation and job responsibilities. Furthermore, the study incorporates an explanatory perspective to identify and understand the factors contributing to employment insertion challenges and why certain graduates face greater obstacles in securing their initial positions. The findings provide empirical evidence to bridge gaps between higher education and labor market demands, offering actionable insights to enhance employability, support policy development, and facilitate a smoother transition from academic study to first employment.

Keywords: Determinants, economy, employment integration, Graduates.

1. INTRODUCCIÓN

La '*inserción laboral*' de los egresados de educación superior representa un desafío relevante para las Instituciones de Educación Superior (IES), el sector productivo y los profesionistas, especialmente en contextos de transformación tecnológica y

cambios sociales acentuados por la pandemia de COVID-19. Las generaciones de egresados entre 2019 y 2024 enfrentaron condiciones complejas para integrarse al mercado laboral debido a la reconfiguración del trabajo, el aumento del empleo informal y la acelerada digitalización de los procesos organizacionales (Jiménez-Bandala et al., 2020). Según datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas DENUE (2024), México cuenta con un total de 7,737 de IES, distribuidas en todo el país, Según datos del Sistema de Información de la Educación Superior (SIIES), en el ciclo 2023 el sistema educativo superior en México contó con 468,257 docentes, lo que representa un crecimiento anual del 1.61% respecto al año anterior (SIIES, 2025).

Esta cifra incluye 212,170 mujeres y 2,624 personas con discapacidad, lo que refleja avances en equidad e inclusión dentro del cuerpo académico. La magnitud y diversidad del personal docente constituyen un factor clave en la calidad de la formación profesional, especialmente en instituciones como el TecNM, donde la pertinencia técnica y pedagógica incide directamente en los resultados de empleabilidad (SIIES, 2025).

Esta investigación se enmarca en el contexto del Tecnológico Nacional de México (TecNM), institución que ha registrado un crecimiento sostenido en su matrícula y en el número de egresados a nivel licenciatura. De acuerdo con el Anuario Estadístico TecNM 2023–2024 (2025), se contabilizan 88,572 egresados al 2024, con una tasa de ocupación superior al 80% en sectores estratégicos como la manufactura avanzada, las tecnologías de la información y los servicios profesionales (ENOE, 2024; Observatorio Laboral, 2024). El campus objeto de estudio se encuentra adscrito a la Región III del TecNM, la cual agrupa instituciones ubicadas en los estados de: Durango, Sinaloa, Baja California Sur y Nayarit, según la circular No. 028/2020 de Dirección General del TecNM. No obstante, este crecimiento plantea el desafío de fortalecer la pertinencia educativa frente a las dinámicas cambiantes del mercado laboral y las exigencias del desarrollo territorial. El estudio tiene como objetivo analizar la influencia de factores académicos, sociales y personales en la *‘inserción laboral’* de los egresados durante el primer año posterior a su egreso, donde se abordan dimensiones como la pertinencia de los planes de estudio, las competencias profesionales y digitales, así como las condiciones territoriales y sectoriales que inciden en la empleabilidad, mediante un enfoque mixto que combina indicadores cuantitativos y percepciones cualitativas.

El marco teórico se basa en la Innovación Social Inclusiva, entendida como un proceso de participación entre instituciones educativas, gobiernos y sectores productivos para generar soluciones sostenibles que impulsen una *‘inserción laboral’* más equitativa (OCDE, 2019). Los resultados obtenidos permiten identificar brechas formativas, obstáculos estructurales y oportunidades de mejora, en vinculación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 4. “Educación de calidad”, 8. “Trabajo decente y crecimiento económico” y 9. “Industria, innovación e

infraestructuras”, orientados al fortalecimiento de la educación, el empleo digno y la innovación (Organización de las Naciones Unidas, s.f).

2. DESARROLLO

Los primeros meses posteriores al egreso representan una etapa decisiva en la trayectoria profesional de los jóvenes. Estudios como el de Chotón-Calvo et al. (2022), señalan que este periodo marca la transición entre el ámbito académico y el mercado laboral, donde los egresados enfrentan múltiples barreras que influyen en la calidad y estabilidad del empleo. Durante esta fase, suelen experimentar incertidumbre al buscar oportunidades, adaptarse a nuevas dinámicas organizacionales y confrontar sus expectativas con la realidad laboral. Este proceso varía según el área de estudio, las condiciones socioeconómicas y el contexto regional; sin embargo, en la mayoría de los casos, las dificultades del primer año inciden significativamente en su desarrollo y futuro profesional. Uno de los principales retos para los egresados de educación superior es el desajuste entre la *‘formación académica’* y las competencias que exige el mercado laboral.

Mientras las IES priorizan contenidos teóricos, los empleadores demandan habilidades prácticas, dominio tecnológico y *‘experiencia previa’*, esta brecha genera empleos temporales, contratos de prueba o salarios bajos, asimismo, las condiciones socioeconómicas limitan el acceso a redes profesionales y prácticas remuneradas, reduciendo las oportunidades de *‘inserción laboral’* efectiva (INEGI, 2024).

Empleo

El empleo se reconoce como un elemento esencial para el desarrollo social, económico y laboral, especialmente en un contexto global marcado por transformaciones tecnológicas, climáticas y demográficas (Organización Internacional del Trabajo, 2024). Bosch et al. (2004) lo definen como el conjunto de actividades realizadas para obtener una remuneración, ya sea en relación subordinada o de forma independiente, implicando además la participación activa en los procesos productivos y sociales. Desde la perspectiva de la gestión de recursos humanos, Chiavenato (2019), lo concibe como el proceso de asignación de personas a puestos específicos, buscando una integración efectiva entre competencias individuales y exigencias organizacionales, con el fin de facilitar la adaptación y mejorar el desempeño desde el inicio.

Desempleo

El desempleo se refiere a la situación en la que una persona, estando capacitada y dispuesta a trabajar, no cuenta con empleo o ha visto reducida su jornada laboral (RAE, 2024). Asimismo, se mide como la proporción de individuos sin trabajo dentro de la población económicamente activa (INEGI, 2000). Según la Organización Internacional del Trabajo (2014), este fenómeno ocurre cuando la oferta de empleo

es insuficiente frente a la demanda, siendo más evidente en países en desarrollo, donde el sector formal es considerablemente más reducido que el informal.

Inserción laboral

La *'inserción laboral'* de egresados de IES, es un proceso complejo influido por transformaciones económicas, tecnológicas y sociales que han reconfigurado el mercado de trabajo en la última década (Pérez y Pinto, 2021). La *'inserción laboral'* se entiende como el momento en que una persona accede a un empleo que guarda correspondencia con sus competencias, formación y aspiraciones profesionales, luego de un proceso sostenido de búsqueda. Este paso resulta crucial para quienes aspiran a generar ingresos, alcanzar autonomía y consolidar estabilidad económica. Asimismo, la incorporación al mercado laboral implica diversos beneficios sociales, entre ellos la mejora en la calidad de vida, el fortalecimiento del bienestar emocional, el incremento del sentido de pertenencia y la integración social, así como la oportunidad de avanzar en el desarrollo profesional (CEUPE, 2024).

No obstante, en América Latina persisten obstáculos estructurales como la escasa experiencia, la limitada formación técnica y la poca vinculación entre educación y mercado laboral, que dificultan especialmente la inserción de egresados de IES (CEPAL, 2020).

Inclusión laboral en México

La inclusión laboral es clave para garantizar el acceso equitativo al empleo, especialmente para grupos históricamente excluidos como mujeres, personas con discapacidad, jóvenes y población indígena. Según la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2021) y la UNESCO (2025), avanzar en este ámbito implica eliminar barreras estructurales y promover políticas que reconozcan trayectorias diversas. Aunque en México existen programas de vinculación y normativas orientadas a la equidad, persisten brechas territoriales: entidades como Nuevo León y Ciudad de México presentan mayores tasas de inclusión, mientras que Chiapas, Guerrero y Oaxaca enfrentan rezagos en empleo formal y capacitación (Observatorio Laboral, 2024).

Mercado laboral

Según autores como Morales (2023) y Kiziryan (2015), el mercado laboral es el espacio donde interactúan empresas y trabajadores, estableciendo acuerdos sobre condiciones laborales, remuneración y derechos, en función de la oferta y demanda de empleo dentro de un territorio. Este entorno permite a las organizaciones captar talento humano adecuado y a los profesionistas aplicar sus habilidades en actividades productivas, además, comprende tanto el trabajo remunerado como no remunerado, y debe regirse por los principios del trabajo decente (Organización Internacional del Trabajo, 2023).

Mercado laboral global y sus implicaciones territoriales

El mercado laboral global enfrenta presiones estructurales derivadas del cambio climático, tensiones geopolíticas y desaceleración económica, con una tasa de

desempleo juvenil del 12.6% y pobreza laboral que afecta al 7% de los trabajadores en países de ingreso bajo (Organización de las Naciones Unidas, 2025). Este panorama impacta directamente al Tecnológico Nacional de México (TecNM), cuya cobertura territorial abarca regiones con alta desigualdad y baja absorción laboral. Para responder a estos desafíos, el TecNM impulsa estrategias de vinculación productiva, pertinencia curricular y desarrollo de habilidades, además de fortalecer el seguimiento de egresados y la conexión con sectores estratégicos (TecNM, s.f).

La Organización Internacional del Trabajo destaca que el empleo productivo y la justicia social son esenciales para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, donde el TecNM actúa como agente clave de transformación territorial (ONU, 2025).

3. METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en un campus adscrito a la Región III del Tecnológico Nacional de México (TecNM), y se centró en analizar los factores que inciden en la *'inserción laboral'* de egresados durante los primeros 12 meses posteriores a la conclusión de sus estudios.

La investigación abarcó cinco generaciones recientes, con base en un universo estimado de $N = 5,000$ egresados, derivado de un promedio anual de 1,000 graduados, según datos del Departamento de Planeación del campus. Para determinar el tamaño muestral, se aplicó la fórmula para poblaciones finitas, considerando un nivel de confianza del 95%, un margen de error de 0.05, y un valor crítico $Z = 1.96$. Se realizó un piloteo con 30 entrevistas, en el cual se definió la variable de estudio como evento de éxito: *'Inserción laboral'*. A partir de este piloteo, se obtuvo una proporción estimada de $p = 0.71$, lo que permitió calcular un tamaño muestral final de 313 egresados, incluyendo un sobre muestreo de 16 casos.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

La investigación adoptó un diseño descriptivo, exploratorio, correlacional y mixto. Desde el enfoque cuantitativo, se diseñó una encuesta en línea como instrumento, mediante la operacionalización de variables, el cual fue sometido a un proceso de validación a través del juicio de expertos. El cuestionario incluyó 46 preguntas sobre *'inserción laboral'*, *'competencias adquiridas'*, *'titulación'*, *'calidad de la formación'*, datos sociodemográficos y condiciones del primer empleo. Para la validación de la información obtenida, se utilizó el coeficiente alfa de Cronbach. La distribución se realizó vía correo institucional y redes sociales oficiales, lo que facilitó una amplia cobertura. El componente cualitativo permitió profundizar en experiencias personales sobre la búsqueda de empleo y los obstáculos enfrentados. Las variables fueron definidas según los objetivos del estudio y operacionalizadas mediante un instrumento analizado con el Minitab Statistical Software, versión 17.1.0 (Minitab, 2013).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de los factores y desafíos que intervienen en la *'inserción laboral'* de los egresados en su *'primer empleo'*, permiten identificar patrones significativos en la relación entre la *'formación académica'* y la *'inserción laboral'* de los egresados del TecNM Región III, a través del análisis de consistencia interna y la percepción de los participantes, se evidencian vínculos relevantes entre el *'plan de estudios'* y el desempeño profesional, asimismo, se presentan indicadores descriptivos que reflejan las condiciones actuales de empleabilidad, tiempo de inserción y ubicación geográfica, estos hallazgos ofrecen una base sólida para discutir la pertinencia de los programas educativos frente a las demandas del mercado laboral, así como para proponer estrategias para mejorar la vinculación institucional.

Para el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach, se analizaron diversas variables mediante el software Minitab, versión 17.1.0 (Minitab, 2013). En esta investigación, la variable *'inserción laboral'* presentó una consistencia interna considerada aceptable a buena ($\alpha = 0.7535$), al asociarse con el *'plan de estudios'*, se obtuvo una fiabilidad aceptable ($\alpha = 0.744$). Por su parte, la variable *'formación académica'* mostró una consistencia interna aceptable ($\alpha = 0.712$), con una asociación moderada respecto a la *'inserción laboral'*. Finalmente, la variable *'actividades laborales'* reflejó una consistencia interna sólida ($\alpha = 0.782$) al asociarse con la variable *'inserción laboral'*, lo que sugiere que los egresados participantes perciben una vinculación significativa entre su *'formación académica'* y su desempeño profesional.

Los resultados de la prueba de correlación de Pearson evidencian asociaciones estadísticamente significativas entre las variables *'formación académica'*, *'plan de estudios'*, *'perfil de egreso'* y *'calidad docente'* en relación con la *'inserción laboral'*. Se observa una correlación positiva moderada entre la percepción de una *'formación académica'* pertinente y la *'inserción laboral'* ($r = 0.594$, $p < 0.001$), lo que sugiere que, a medida que aumenta la percepción de una preparación sólida y alineada con el entorno profesional, también se incrementa la probabilidad de una integración exitosa al mercado de trabajo. Asimismo, la *'calidad docente'* ($r = 0.613$, $p < 0.001$) y el *'perfil de egreso'* ($r = 0.549$, $p < 0.001$) muestran asociaciones significativas con la empleabilidad, lo que refuerza la idea de que la pertinencia técnica y pedagógica del modelo educativo se vincula directamente con los resultados laborales de los egresados. Este hallazgo coincide con investigaciones anteriores que subrayan la necesidad de consolidar la articulación entre los contenidos curriculares y los requerimientos del entorno productivo, a fin de garantizar una formación más pertinente y alineada con las exigencias del mercado laboral (Pérez, 2020).

El estudio descriptivo llevado a cabo sobre los egresados del campus del TecNM Región III, abarcando las generaciones 2019-2024, indica que la mayoría se halla

en una fase temprana de integración al mercado laboral, este grupo presenta una edad promedio de 27 años, lo que corresponde a un rango típico en el proceso de transición entre la educación superior y la *'inserción laboral'*. En cuanto a la distribución por *'género'*, existe una participación ligeramente mayor del sexo masculino con un 55.9% frente al femenino con 44.1%, lo cual podría reflejar tendencias históricas en la matrícula de carreras técnicas, aunque también invita a reflexionar sobre la equidad de *'género'* en el acceso y permanencia en el mercado laboral.

Tiempo de inserción laboral

En la tabla 1, se observa el análisis de los tiempos de *'inserción laboral'* de los egresados del TecNM Región III, donde evidencia una alta empleabilidad inmediata en carreras como Ingeniería en Gestión Empresarial con 72%, Arquitectura con 65%, Industrial y Civil con 59%, superando el promedio general del 50% de inserción en los primeros tres meses; sin embargo, se identifican áreas críticas como Bioquímica y Mecánica, donde los porcentajes de desempleo alcanzan hasta el 25–29% y la distribución de inserción es más dispersa.

Tabla 1. 'Inserción laboral'

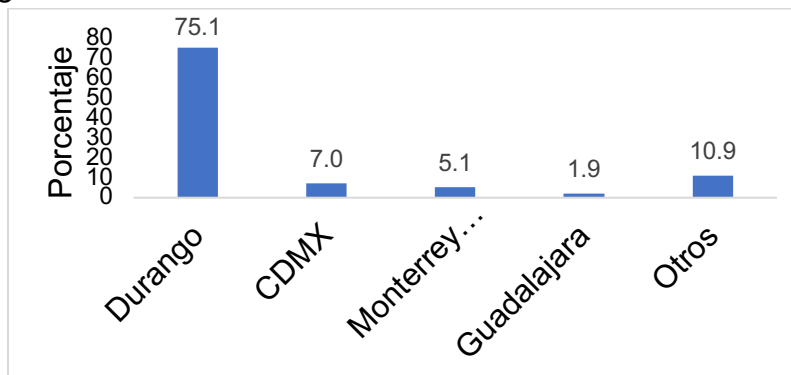
Carrera	0-3 meses %	6-9 meses %	9-12 meses %	+12 meses %	Sin empleo %
Administración	53	10	3	17	17
Arquitectura	65	19	0	4	12
Bioquímica	25	25	0	25	25
Civil	59	0	12	18	12
Eléctrica	50	40	10	0	0
Electrónica	50	38	13	0	0
IGEM	72	8	4	12	4
Industrial	59	11	6	11	13
Informática	43	21	7	14	14
Mecánica	29	29	14	0	29
Mecatrónica	50	17	17	17	0
Química	42	19	12	15	12
Sistemas	56	12	6	21	6
TIC'S	45	36	18	0	0
Total	50	20	9	11	10

Lugar de residencia y oportunidades laborales

En la figura 1, se muestra que el 75.1% de los egresados reside en la ciudad de Durango, lo que evidencia una alta concentración territorial en el lugar de formación, si bien esta permanencia puede facilitar la vinculación institucional y facilita el seguimiento de egresados, también representa una limitación en términos de acceso a mercados laborales más amplios y dinámicos, como los de Ciudad de México (7.0%), Monterrey (5.1%) y Guadalajara (1.9%). Esta distribución geográfica

sugiere una baja movilidad laboral entre los egresados, lo que plantea la necesidad de implementar estrategias más robustas de vinculación regional y nacional para ampliar sus oportunidades de *‘inserción laboral’*.

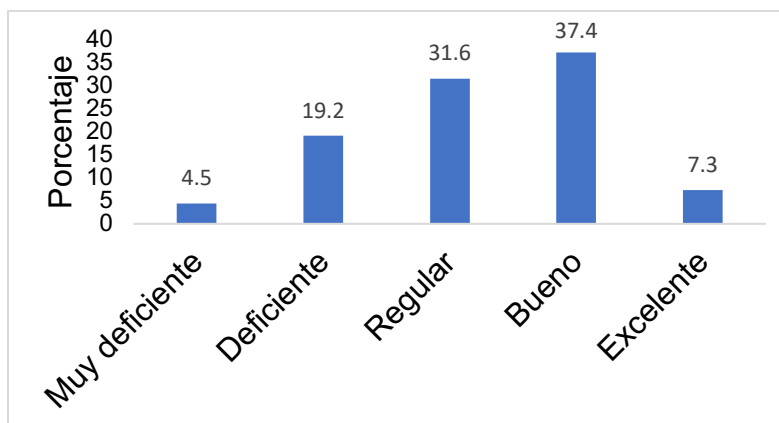
Figura 1. ‘Lugar de residencia’



Plan de estudios vs Mercado laboral

Por otro lado, en la figura 2 se observa la valoración del *‘plan de estudios’* frente al mercado laboral, donde muestra que el 37.4% lo considera “bueno” y un 7.3% “excelente”, mientras que un 23.7% lo califica como “deficiente” o “muy deficiente”. Esta polarización sugiere que, si bien existe reconocimiento hacia la estructura curricular, también se perciben brechas entre la *‘formación académica’* y las competencias requeridas en el campo laboral.

Figura 2. ‘Plan de estudios’ vs ‘Mercado laboral’



5. CONCLUSIONES

La investigación sobre la *‘inserción laboral’* de los egresados del Campus del TecNM Región III, entre 2019 y 2024 permitió identificar factores clave como el área de formación, la calidad percibida de la educación, el contexto territorial y las condiciones estructurales del mercado laboral, los cuales inciden directamente en las oportunidades de empleo. Se observó que el 50% de los egresados logra

insertarse laboralmente en los primeros tres meses, destacando las carreras de Ingeniería en Gestión Empresarial, Arquitectura, Industrial y Civil por sus tiempos de inserción más favorables, mientras que Bioquímica y Mecánica enfrentan mayores dificultades para acceder al empleo en plazos cortos. Asimismo, aunque el 37.4% de los egresados valoró positivamente el plan de estudios, persisten brechas entre los contenidos curriculares y las competencias demandadas por el sector productivo.

Los resultados estadísticos obtenidos mediante la prueba de correlaciones de Pearson refuerzan esta perspectiva: se identificaron asociaciones significativas entre la '*inserción laboral*' y variables como '*calidad docente*' ($r = 0.613$), '*plan de estudios*' contra '*mercado laboral*' ($r = 0.594$), '*perfil de egreso*' ($r = 0.549$) y '*formación académica*' ($r = 0.712$), todas con niveles de significancia $p < 0.001$. Estas correlaciones sugieren que una formación académica sólida, pertinente y alineada con las exigencias del entorno profesional se asocia directamente con una mayor probabilidad de integración efectiva al mercado de trabajo. En este sentido, la calidad y pertinencia de la educación técnica superior se consolidan como factores determinantes en la empleabilidad de los egresados. La edad promedio de los egresados de 27 años y la alta concentración territorial en la ciudad de Durango con un 75.1% reflejan una '*inserción laboral*' temprana, pero también una limitada movilidad hacia zonas metropolitanas con mayor dinamismo económico, lo que plantea retos en términos de vinculación regional y nacional. Estos resultados respaldan la necesidad de fortalecer los mecanismos de retroalimentación entre egresados y programas académicos, así como de promover estrategias de actualización curricular basadas en las demandas sectoriales y territoriales.

También es conveniente impulsar el desarrollo de competencias generales, aplicables a diversos contextos profesionales, mejorar los mecanismos de seguimiento de egresados y consolidar alianzas con sectores estratégicos para facilitar la transición al empleo formal. En conjunto, la evidencia obtenida puede servir como insumo para el rediseño de planes de estudio, la mejora de procesos institucionales y la formulación de políticas educativas orientadas a la empleabilidad. Este esfuerzo se alinea con los objetivos del TecNM y con los compromisos establecidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el ODS 4 "Educación de calidad", el ODS 8 "Trabajo decente y crecimiento económico" y el ODS 10 "Reducción de desigualdades", contribuyendo así a una formación más pertinente, inclusiva y vinculada al desarrollo territorial.

6. REFERENCIAS

- CEPAL. (2020). La '*inserción laboral*' de los jóvenes en América Latina [Video]. YouTube. <https://doi.org/https://youtu.be/BLfK-1IVycE>
- CEUPE. (Mayo de 2024). CEUPE Centro Europeo de Posgrado. www.ceupe.com/blog/insercion-laboral.html

- Chiavenato, I. (2019). Administración de Recursos Humanos, el capital humano de las organizaciones . McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.
- Chotón-Calvo, M. d., Auquiñivin Silva, E. A., Zuta Chamoli, V., y Cruzalegui Fernández, R. J. (2022). Situación laboral de los egresados en las universidades públicas en Perú. *Revista Venezolana de Gerencia*, 8. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.8.17>
- DENUE, D. E. (2024). DENUE. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). (2024). INEGI: <https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/>
- Kiziryan, M. (2015). Mercado Laboral. *Economipedia.com*. <https://doi.org/https://economipedia.com/definiciones/mercado-laboral.html>
- Observatorio Laboral. (2024). <https://acortar.link/fWmAAs>
- Organización Internacional del Trabajo. (2024). Organización Internacional del Trabajo. Promoción del empleo: <https://www.ilo.org/es/temas-y-sectores/promocion-del-empleo>
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f). Agenda 2030 Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/>
- ONU. (16 de Enero de 2025). Organización de las Naciones Unidas. El futuro del mercado laboral está bajo presión: <https://news.un.org/es/story/2025/01/1535761>
- Jiménez-Bandala, C. A., Peralta, J., Sánchez, E., Márquez, I., y Arellano, D. (2020). La situación del mercado laboral en México antes y Durante la COVID-19. *Revista Internacional De Salarios Dignos*, 2(2), 1-14.
- Minitab, Inc. (2014). Minitab® Statistical Software (Versión 17.1.0) [Software]. <https://www.minitab.com>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2019). Educación superior en México: <https://acortar.link/PAZBLc>
- Pérez, J. H. (2020). Desempleo en México por características sociodemográficas, 2005-2018. *Economía UNAM*, 17(50), 166-181. www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2020000200166
- Pérez, C. O., y Pinto, P. R. (2020). Determinantes de la '*inserción laboral*' en egresados universitarios en México. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo*, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.732>
- TecNM. Tecnológico Nacional de México. (s.f.). Programa Institucional del TecNM. https://www.tecnm.mx/?vista=Programa_Institucional

- SIIES Sistema Integrado de Información de la Educación Superior. (2025). <https://www.sii.es.unam.mx/nacional.php>
- Sistema Nacional de Estadística del Tecnológico Nacional de México Version 1.0.1. (2018). Egresados y titulados en el TecNM: <https://sne.tecnm.mx/public/egresados>
- STPS. (2021). Inclusión laboral en México: avances y retos. Gobierno de México. Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). <https://acortar.link/1dbRmJ>
- UNESCO. (17 de Febrero de 2025). Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe. Promover la empleabilidad de los estudiantes a través de la educación superior: <https://acortar.link/Bitq2n>

IMPACTO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LAS UNIVERSIDADES DE SONORA: ESTRATEGIAS DE GOBERNANZA ALGORÍTMICA Y GESTIÓN DE DATOS

Elizabeth Santillán Tarazón

Tecnológico Nacional de México campus Agua Prieta

e.santillan@aguaprieta.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0003-0738-9928>

Andrea Guadalupe Hurtado Arvizu

Tecnológico Nacional de México campus Agua Prieta.

a.hurtado@aguaprieta.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0009-6964-5521>

Nadia Yamileth Bermúdez López

Tecnológico Nacional de México campus Agua Prieta.

n.bermudez@aguaprieta.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0000-4600-7329>

RESUMEN

La transformación digital en las universidades de Sonora ha impulsado avances significativos en accesibilidad y eficiencia administrativa mediante proyectos como el Registro Electrónico de Títulos y Certificados (RETS) y la expedición electrónica de documentos académicos (SEDE). Sin embargo, la ausencia de lineamientos sobre gobernanza algorítmica y gestión estratégica de datos genera riesgos de desigualdad digital, vulneración de la privacidad y limitaciones en la innovación docente.

Este estudio propone un modelo estratégico basado en los principios de transparencia, ética, seguridad, privacidad e interoperabilidad, orientado a consolidar una digitalización universitaria inclusiva y sostenible. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y un diseño exploratorio-interpretativo. La fase exploratoria consistió en una revisión documental de lineamientos internacionales de la UNESCO (2021, 2023), la Unión Europea (2020) y la OCDE (2022), además de marcos normativos nacionales y locales.

Los resultados muestran una convergencia internacional en torno a la transparencia algorítmica, la equidad digital y la protección de datos, pero evidencian la ausencia de políticas institucionales en Sonora que garanticen su aplicación. Asimismo, se identificaron brechas en la interoperabilidad de las plataformas universitarias y en la formación docente y gestores en alfabetización de datos y ética algorítmica.

El estudio se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 4, 9, 10 y 16) y busca contribuir a la construcción de un ecosistema universitario digital que

promueva la inclusión, la sostenibilidad y la competitividad regional en un contexto global.

Palabras clave: Transformación digital, gobernanza algorítmica, gestión de datos, educación superior.

ABSTRACT

Digital transformation in Sonora's universities has driven significant progress in accessibility and administrative efficiency through projects such as the Electronic Registry of Degrees and Certificates (RETS) and the electronic issuance of academic documents (SEDE). However, the absence of clear guidelines on algorithmic governance and strategic data management poses risks of digital inequality, privacy breaches, and limitations in teaching innovation.

This study proposes a strategic model based on the principles of transparency, ethics, security, privacy, and interoperability, aimed at fostering an inclusive and sustainable process of university digitalization. The research followed a qualitative approach with an exploratory–interpretive design. The exploratory phase consisted of a documentary review of international guidelines from UNESCO (2021, 2023), the European Union (2020), and the OECD (2022), complemented by national and local regulatory frameworks.

The findings reveal international convergence around algorithmic transparency, digital equity, and data protection, but also highlight the lack of institutional policies in Sonora to ensure their implementation. Likewise, gaps were identified in the interoperability of university digital platforms and in the training of teachers and administrators in data literacy and algorithmic ethics.

The study aligns with the Sustainable Development Goals (SDGs 4, 9, 10, and 16) and seeks to contribute to building a digital university ecosystem that promotes inclusion, sustainability, and regional competitiveness within a global context.

Keywords: Digital transformation, algorithmic governance, data management, higher education.

1. INTRODUCCIÓN

La transformación digital en la educación superior se ha consolidado como uno de los procesos más significativos y disruptivos de las últimas dos décadas, redefiniendo la manera en que las universidades producen, gestionan y transmiten conocimiento. No se trata únicamente de incorporar nuevas tecnologías, sino de repensar las prácticas institucionales y pedagógicas en función de un ecosistema global digitalizado e interconectado (Selwyn, 2022).

A nivel mundial, la transición hacia ecosistemas educativos digitales ha impulsado oportunidades significativas en materia de accesibilidad, eficiencia administrativa y personalización del aprendizaje. Diversos estudios subrayan que la incorporación de tecnologías digitales y sistemas inteligentes en las universidades ha permitido ampliar

el acceso a la educación, optimizar los procesos institucionales y adaptar los contenidos a las necesidades individuales de los estudiantes (UNESCO, 2023; OECD, 2023). En particular, la digitalización educativa ha favorecido la gestión automatizada de datos académicos, la reducción de trámites presenciales y el fortalecimiento de la toma de decisiones basada en evidencia (Wang, 2024). Estos avances se asocian también con modelos pedagógicos flexibles, sustentados en analítica del aprendizaje y algoritmos predictivos que buscan mejorar los resultados educativos (OECD, 2024).

No obstante, esta misma transformación ha generado nuevas tensiones y desafíos vinculados con la desigualdad digital, la protección de datos personales y el creciente poder de los algoritmos en la toma de decisiones educativas (Yeung, 2018; García-López, 2025). La persistencia de brechas tecnológicas entre regiones, instituciones y grupos sociales limita la equidad en el acceso a los beneficios de la digitalización (Mirazchiyski, 2024). Asimismo, el uso intensivo de datos estudiantiles plantea interrogantes éticos sobre la privacidad, la seguridad y el control de la información personal, especialmente en contextos donde no existen marcos regulatorios consolidados para la gobernanza algorítmica (OECD, 2024). Tal como advierte Yeung (2018), los algoritmos poseen un poder creciente para regular comportamientos y producir decisiones automatizadas que, si no son transparentes ni auditables, pueden reproducir sesgos y desigualdades estructurales dentro del sistema educativo. En consecuencia, la transformación digital en la educación demanda políticas integrales que promuevan la inclusión, la alfabetización digital crítica y la regulación ética del uso de datos e inteligencia artificial (UNESCO, 2023; OECD, 2024; García-López, 2025)

En México, los procesos de digitalización en las instituciones de educación superior (IES) han sido fragmentados y desiguales, lo que ha derivado en brechas significativas entre regiones y tipos de universidades. Diversos estudios documentan que la falta de infraestructura tecnológica, el déficit en competencias digitales del personal docente y la ausencia de marcos de gobernanza claros han obstaculizado un proceso de transformación digital equitativo (Zermeño González, 2020; Arellano Morales, 2020). Estas brechas son particularmente evidentes en estados del noroeste como Sonora, donde coexisten avances relevantes en sistemas de gestión digital con limitaciones estructurales que condicionan su consolidación.

El marco internacional enfatiza que la gobernanza de datos y el control ético de los algoritmos son pilares fundamentales para el éxito de la transformación digital educativa. Organismos como la UNESCO (2021, 2023) subrayan la necesidad de una digitalización inclusiva y humanista que priorice la equidad en el acceso, la alfabetización en datos y la protección de la privacidad. La OCDE (2022) ha recomendado el diseño de marcos regulatorios que garanticen la transparencia y explicabilidad de los sistemas algorítmicos, mientras que la Unión Europea (2020) promueve estrategias nacionales de gobernanza de datos como motores de

innovación y competitividad.

En contraste, en la educación superior mexicana aún no existe una política nacional de gobernanza algorítmica universitaria. Esto implica riesgos asociados con la discriminación algorítmica, la falta de rendición de cuentas y la vulneración del derecho a la privacidad de estudiantes y docentes (Oncioiu, 2025; McConvey, Guha & Kuzminykh, 2023). La ausencia de lineamientos claros incrementa la desigualdad digital y limita la capacidad de las universidades para innovar de manera sostenible y competitiva.

En Sonora, mientras el gobierno estatal ha impulsado el Sistema de Innovación Gubernamental Administrativa (SIGA) como referente de modernización administrativa y transparencia (Gobierno del Estado de Sonora, s. f.), las universidades aún no han replicado de forma estructural estos principios en sus procesos internos. Aun así, se han registrado avances significativos como el Registro Electrónico de Títulos y Certificados (RETS) y la expedición electrónica de documentos académicos (SEDE), que han mejorado la trazabilidad y reducido la necesidad de trámites presenciales.

Resulta fundamental reconocer que la gobernanza algorítmica y la gestión estratégica de datos son condiciones necesarias para el desarrollo de universidades resilientes, transparentes y alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este estudio se relaciona especialmente con el ODS 4 (Educación de calidad), ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 10 (Reducción de desigualdades) y ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas) (ONU, 2015; PNUD, 2020).

El objetivo de este capítulo es proponer un modelo de estrategias de gobernanza algorítmica y gestión de datos que fortalezca la transformación digital de las universidades de Sonora, garantizando inclusión, equidad y sostenibilidad en sus procesos académicos y administrativos.

2. MARCO TEÓRICO

Transformación digital en la educación superior

La transformación digital en las universidades se entiende como un proceso integral que trasciende la simple adopción de tecnologías para involucrar la redefinición de prácticas pedagógicas, administrativas y de gestión institucional (Selwyn, 2022). En el ámbito internacional, se reconoce que la digitalización de la educación superior puede mejorar la accesibilidad, expandir la cobertura y optimizar procesos, pero su éxito depende de la capacidad de las instituciones para garantizar inclusión, sostenibilidad y equidad (UNESCO, 2023).

En México, diversos estudios han documentado que los avances son fragmentados y desiguales, lo que genera brechas digitales entre instituciones y regiones (Gómez-Zermeño, 2020). En Sonora, la implementación de plataformas de gestión académica y de expedición digital de documentos ha representado un avance, pero todavía enfrenta limitaciones de infraestructura, capacitación docente y falta de

lineamientos de gobernanza claros.

Gobernanza algorítmica:

El concepto de gobernanza algorítmica se refiere al uso de algoritmos e inteligencia artificial en la toma de decisiones que afectan procesos sociales, administrativos y educativos (Yeung, 2018). En el ámbito universitario, esto incluye la asignación de becas, la evaluación del desempeño estudiantil, la detección de plagio, la optimización de recursos académicos y la gestión de plataformas digitales.

Autores como Wang (2024) sostienen que las decisiones algorítmicas deben considerarse como decisiones de política de facto debido a su impacto inmediato, velocidad de implementación y falta de transparencia. En este sentido, McConvey, Guha y Kuzminykh (2023) advierten que el uso de datos personales sensibles en algoritmos de decisión educativa puede generar riesgos de discriminación y pérdida de autonomía institucional si no se establecen marcos éticos y legales claros.

Gestión de datos en la educación superior

La gestión de datos en universidades se refiere a la recolección, almacenamiento, análisis, protección y uso estratégico de la información generada por estudiantes, docentes e instituciones (Jim & Chang, 2025). Se reconoce que el valor de los datos es central para la toma de decisiones basadas en evidencia, pero también plantea retos de privacidad, seguridad, calidad e interoperabilidad (Medeiros et al., 2025).

En universidades de Estados Unidos y Europa se han creado unidades específicas de gobernanza de datos con funciones de estandarización, calidad, acceso seguro y regulación de analítica institucional (Caron A, 2024). En contraste, en América Latina persiste una brecha significativa, con políticas incipientes y sin estrategias integrales (OECD, 2022).

Experiencias internacionales y lineamientos globales

Los organismos internacionales han marcado pautas claras en torno a la gobernanza algorítmica y la gestión de datos en la educación:

- UNESCO (2021, 2023): promueve un enfoque inclusivo y ético en la digitalización, destacando la importancia de la alfabetización en datos y la equidad digital.
- Unión Europea (2020): plantea estrategias nacionales de gobernanza de datos con énfasis en interoperabilidad, innovación y transparencia.
- OCDE (2022): recomienda el establecimiento de marcos normativos que garanticen la explicabilidad y la responsabilidad en el uso de inteligencia artificial en universidades.

Estas recomendaciones son relevantes para el caso de Sonora, donde las universidades han avanzado en la digitalización de trámites, pero carecen de una estructura normativa integral.

Contexto local: Sonora y el SIGA como antecedente

En Sonora, el Sistema de Innovación Gubernamental Administrativa (SIGA) ha sido implementado como un esfuerzo del gobierno estatal para fortalecer la transparencia y la rendición de cuentas en el ámbito público. Aunque está orientado al sector administrativo gubernamental, representa un referente aplicable al contexto universitario (Gobierno del Estado de Sonora).

La implementación del Registro Electrónico de Títulos y Certificados (RETS) y la expedición electrónica de documentos (SEDE) constituyen avances importantes en accesibilidad, trazabilidad y control institucional. No obstante, estas iniciativas aún carecen de un marco robusto de gobernanza algorítmica y gestión de datos que garantice transparencia, ética y equidad digital.

3. METODOLOGÍA

El estudio adopta un enfoque cualitativo con diseño exploratorio–interpretativo, orientado a comprender la transformación digital en universidades de Sonora desde la perspectiva de la gobernanza algorítmica y la gestión de datos. La fase exploratoria se centra en la revisión y análisis documental de normativas, marcos internacionales y experiencias locales, con el objetivo de identificar principios rectores, vacíos normativos y buenas prácticas aplicables al contexto regional.

Fase exploratoria: revisión documental

La revisión documental consideró tres niveles:

Internacional

- UNESCO (2021, 2023): lineamientos sobre ética en inteligencia artificial, inclusión digital y alfabetización en datos.
- OCDE (2022): recomendaciones para garantizar la transparencia y explicabilidad de los sistemas algorítmicos en educación superior.
- Unión Europea (2020): European Strategy for Data, que establece principios de interoperabilidad, seguridad y competitividad digital.

Nacional (México)

- Documentos normativos de la Secretaría de Educación Pública (SEP) y del CONAHCYT sobre digitalización educativa y políticas de ciencia, tecnología e innovación.
- Estrategias federales vinculadas a la Agenda Digital Nacional y a la protección de datos personales.

Local (Sonora)

- Sistema de Innovación Gubernamental Administrativa (SIGA) como referente en modernización y transparencia administrativa.

Registro Electrónico de Títulos y Certificados (RETS) y la expedición electrónica (SEDE) como experiencias aplicadas en el ámbito universitario estatal.

Figura 1- Metodología



Procedimiento de análisis

Recopilación documental: se localizaron informes, marcos normativos, recomendaciones internacionales y documentos de políticas públicas mediante bases de datos académicas (Scopus, Google Scholar), repositorios institucionales y páginas oficiales de organismos internacionales.

Categorización temática: se organizaron los documentos en tres categorías analíticas: gobernanza algorítmica, gestión de datos y equidad digital.

Codificación: se aplicó un proceso de análisis temático (Braun & Clarke, 2006) para identificar coincidencias, divergencias y vacíos normativos.

Tabla 1.- Cuadro comparativo de lineamientos internacionales en gobernanza digital

<i>Organismo</i>	<i>Principios clave</i>	<i>Enfoque gobernanza algorítmica</i>	<i>eEnfoque en gestión de datos</i>	<i>Implicaciones para universidades en Sonora</i>
UNESCO (2021, 2023)	Inclusión, ética, equidad digital, alfabetización en datos, protección de la privacidad	Promueve la ética en IA y el diseño centrado en las personas, evitando sesgos y discriminación	Fomenta la alfabetización en datos y la equidad en acceso a tecnologías	Necesidad de formar docentes y gestores en ética algorítmica y competencias digitales
Unión Europea (2020)	Transparencia, innovación, interoperabilidad, soberanía digital	Estrategias nacionales de datos y marcos regulatorios que garanticen transparencia y explicabilidad de algoritmos	Impulsa la interoperabilidad y seguridad de datos como motores de competitividad e innovación	Adoptar políticas comunes de interoperabilidad entre universidades estatales
OCDE (2022)	Regulación de IA, explicabilidad, responsabilidad y rendición de cuentas	Promueve la auditoría algorítmica y la responsabilidad institucional frente al uso de IA	Requiere estándares internacionales de calidad y protección de datos	Implementar auditorías periódicas y políticas de rendición de cuentas en universidades locales

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Revisión documental: se analizaron políticas internacionales (UNESCO, OCDE, UE), nacionales (SEP, CONAHCYT) y locales (RETS, SEDE, SIGA Sonora), con el fin de identificar principios rectores de digitalización educativa.

La investigación se desarrolló en la fase exploratoria.

1. Fase exploratoria: recopilación y análisis de documentos normativos y marcos internacionales de gobernanza digital.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis documental y la triangulación entre marcos internacionales (UNESCO, UE, OCDE), normativas nacionales y locales (RETS, SEDE, SIGA) muestran que la transformación digital en las universidades de Sonora ha avanzado principalmente en la esfera administrativa, con mejoras palpables en trazabilidad, reducción de tiempos y estandarización de trámites. Sin embargo, dichos avances no han sido acompañados por un andamiaje normativo interno equivalente que ordene, supervise y haga transparentes los procesos algorítmicos vinculados a la gestión académica y a la toma de decisiones. En términos sustantivos, la digitalización ha sido tecnológica, pero aún no institucional en el sentido ético-regulatorio y pedagógico, lo que explica la distancia entre la automatización de procedimientos y la innovación docente basada en datos.

Esta brecha se evidencia en la primera dimensión analítica: la convergencia internacional y los vacíos locales en gobernanza algorítmica. Mientras las recomendaciones globales demandan transparencia, explicabilidad, rendición de cuentas y mecanismos de auditoría, las universidades sonorenses carecen de lineamientos que definan responsabilidades, riesgos, salvaguardas y protocolos de evaluación de los sistemas automatizados. La consecuencia práctica es una zona gris: los algoritmos pueden incidir en la priorización de recursos, el seguimiento del desempeño o la asignación de servicios sin criterios explícitos de control y sin vías institucionales claras para la impugnación o corrección de posibles sesgos. Esta ausencia de reglas, más que neutralidad, produce asimetrías de poder y vulnera la confianza de la comunidad académica, frenando la adopción significativa de tecnologías emergentes.

La segunda dimensión —gestión de datos e interoperabilidad— confirma que la información universitaria se encuentra fragmentada en plataformas heterogéneas, con niveles limitados de integración. Esta arquitectura dispersa dificulta la analítica institucional, restringe la toma de decisiones basada en evidencia y multiplica esfuerzos administrativos redundantes. Aun cuando existen referentes públicos como SIGA que demuestran la viabilidad de la interoperabilidad a nivel estatal, no se observan políticas universitarias que trasladen esos principios a un modelo interuniversitario de datos con estándares comunes de calidad, gobernanza y seguridad. El riesgo no es solo técnico: sin reglas de privacidad, acceso y uso aumenta

la posibilidad de vulneraciones a derechos digitales y de usos discrecionales o poco éticos de la información.

Una tercera dimensión clave es la formación y cultura digital. La capacitación existente tiende a centrarse en habilidades operativas (uso de LMS, ofimática, gestión de aulas virtuales), dejando en segundo plano la alfabetización en datos, la ética algorítmica, la ciberseguridad y la analítica responsable. Esta focalización operativa genera una brecha cognitiva: se dispone de infraestructura y sistemas, pero no de las competencias críticas para problematizar su diseño, comprender su lógica y garantizar su uso seguro, inclusivo y alineado con la misión educativa. El resultado es una adopción parcial, a veces resistente, que limita el potencial transformador de las tecnologías y reproduce inequidades entre campus y perfiles docentes.

Los resultados describen un estado de madurez intermedio: capacidades técnicas crecientes, pero una débil institucionalización normativa y formativa. En términos de gobernanza, la ausencia de lineamientos y auditorías sistemáticas es hoy la principal amenaza para la legitimidad de la digitalización, pues impide convertir a los algoritmos en herramientas explicables, confiables y revisables. En términos de gestión de datos, la falta de interoperabilidad y estándares compartidos restringe la calidad de la evidencia disponible para planear, evaluar y mejorar procesos académicos. En términos de capital humano, la escasez de programas sistemáticos de alfabetización en datos y ética digital impide construir una cultura de uso responsable que ancle la innovación.

Se propone, que el tránsito desde una digitalización de procesos a una digitalización de misión exige integrar tres capas inseparables. La capa estructural demanda arquitecturas interoperables y un modelo regional de datos con políticas de calidad, seguridad y acceso diferenciado. La capa normativa requiere lineamientos de gobernanza algorítmica con principios de transparencia, explicabilidad y rendición de cuentas, además de auditorías periódicas que detecten sesgos y salvaguarden la privacidad. La capa formativa implica institucionalizar programas de desarrollo profesional docente y de gestión que combinen competencias técnicas con ética de datos, evaluación de impactos y participación de la comunidad en el diseño y monitoreo de los sistemas.

Las recomendaciones derivadas del estudio no son aditivos aislados, sino mecanismos de cierre de brechas: los lineamientos de gobernanza algorítmica atienden la opacidad; las auditorías periódicas desactivan riesgos de discriminación y fortalecen la confianza; el modelo interuniversitario de gestión de datos resuelve la fragmentación y habilita analítica de calidad; la formación en alfabetización digital y ética algorítmica convierte la infraestructura en capacidad institucional; y la participación de la comunidad académica dota de legitimidad y pertinencia a las decisiones tecnológicas. Finalmente, la articulación con políticas estatales y federales es la condición de posibilidad para escalar, sostener y evaluar estas intervenciones en el tiempo.

Vinculados con los ODS 4, 9, 10 y 16, estos hallazgos reafirman que la transformación digital universitaria es tanto un proceso social y ético como tecnológico: mejorar la calidad educativa exige datos confiables y gobernados; impulsar la innovación requiere infraestructuras interoperables; reducir brechas demanda formación pertinente y participación; y fortalecer instituciones implica transparencia y rendición de cuentas. En la medida en que Sonora avance en estas tres capas —estructural, normativa y formativa—, la digitalización dejará de ser un conjunto de soluciones técnicas y se convertirá en una política institucional de largo aliento, capaz de promover inclusión, sostenibilidad y competitividad regional en un ecosistema universitario verdaderamente centrado en las personas.

5. REFERENCIAS

- American Educational Research Association (AERA). (2019). Code of ethics. AERA.
- Arellano Morales, M. A. (2020). Las brechas digitales en México: un balance pertinente. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 65(240), 367-390. <https://doi.org/10.20430/ete.v87i346.974>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Caron, A. (2024). EDUCAUSE QuickPoll Results: Positioning Higher Education IT Governance as a Strategic Function. *EDUCAUSE Review* (Online)
- García-López, I. M., Martínez-Ruiz, A., & Ortega-Santos, R. (2025). *Ethical and regulatory challenges of generative AI in education*. *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1565938>
- Gobierno del Estado de Sonora. (s. f.). Sistema de Innovación Gubernamental Administrativa (SIGA). <https://buengobierno.sonora.gob.mx/servicios-e-informacion/informacion-de-interes/sistema-de-innovacion-gubernamental-administrativa-siga.html>
- McConvey, J., Guha, S., & Kuzminykh, A. (2023). Ethical risks in AI for education: Interpretability and fairness. arXiv preprint arXiv:2301.09876.
- Medeiros, R., Araújo, A., Silva, C., & Silva, F. (2025). Data ethics in higher education: Challenges and frameworks. In *Proceedings of the International Conference on Education and Digital Society*.
- Mirazchiyski, P. V. (2024). Contemporary gaps in research on digital divide in education. *Universal Access in the Information Society*. <https://doi.org/10.1007/s10209-024-01166-3>
- OECD. (2022). Artificial intelligence in education: Policy perspectives. OECD Publishing.

- OECD. (2023). *Digital equity and inclusion in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c56b91ad-en>
- OECD. (2024). *The potential impact of artificial intelligence on equity and inclusion in education*. OECD Working Paper. <https://doi.org/10.1787/15df715b-en>
- Oncioiu, I. (2025). Ethical and legal frameworks for artificial intelligence in universities. *Sustainability*, 17(4), 2245. <https://doi.org/10.3390/su17042245>
- ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas.
- ONU. (2021). *Informe sobre el desarrollo humano y digitalización inclusiva*. Naciones Unidas.
- ONU. (2022). *Gobernanza digital y participación ciudadana*. Naciones Unidas.
- PNUD. (2020). *Agenda 2030 y ODS: Una guía para la acción*. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Selwyn, N. (2022). *Education and technology: Key issues and debates* (3rd ed.). Bloomsbury.
- Unión Europea. (2020). *European strategy for data*. European Commission.
- UNESCO. (2021). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. UNESCO.
- UNESCO. (2023). *The digital transformation of education: Connecting schools, systems and students*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374309>
- Wang, C. (2024). Education reform and change driven by digital technology. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02717-y>
- Yeung, K. (2018). *Algorithmic regulation: A critical interrogation*. *Regulation & Governance*, 12(4), 505–523. <https://doi.org/10.1111/rego.12158>
- Zermeño González, R. (2020, diciembre 15). *Transformación digital de la educación superior pública en México, parte 1*. Selectnet. <https://selectnet.selectestrategia.net/reporte/transformacion-digital-de-la-educacion-superior-publica-en-mexico-parte-1>

CALIDAD EN PRODUCTOS Y PROCESOS AGROINDUSTRIALES

María Guadalupe Osuna Estrada

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
L2025010062@guasave.tecnm.mx

Raúl Loredo Medina

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
raul.lm@guasave.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0785-5437>

Grace Erandy Báez Hernández

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
grace.bh@guasave.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1580-2199>

Juan Héctor Alzate Espinoza

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
juan.ae@guasave.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9569-7634>

RESUMEN

Se implementó la metodología 5S para optimizar el mantenimiento y la gestión documental en un taller mecánico de una unidad ganadera rural. La intervención, fundamentada en la innovación social inclusiva, integró la participación del personal en la reestructuración de los procesos operativos. Mediante auditorías periódicas y prácticas de mejora continua, se incrementó el nivel de cumplimiento normativo y el control de activos. Los hallazgos demuestran que la estandarización bajo este enfoque fortalece la seguridad, la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de recursos en contextos rurales.

Palabras clave: Calidad, Mantenimiento, Metodología 5S, Sostenible.

ABSTRACT

The 5S methodology was implemented to optimize maintenance and document management in a rural livestock mechanical workshop. Based on inclusive social innovation, the intervention integrated staff participation in restructuring operational processes. Periodic audits and continuous improvement practices increased compliance levels and asset control. The findings demonstrate that standardization under this approach strengthens safety, sustainability, and resource efficiency in rural contexts.

Keywords: Quality, Maintenance, 5S Methodology, Sustainable.

1. INTRODUCCIÓN

El sector pecuario en México representa un pilar económico estratégico, con una producción proyectada de 25.1 millones de toneladas para 2024 (SIAP, 2024). En Sinaloa, esta actividad aporta el 3.5 % del volumen pecuario nacional, destacando el municipio de Guasave por su contribución en la producción de ovinos (10.8 %), caprinos (11.36 %) y leche de bovino (11.61 %) (CIEGSIN, 2024). Pese a su relevancia, la competitividad del sector depende de la eficiencia operativa y el cumplimiento de estándares de calidad como la norma ISO 9001 (Reyes et al., 2022).

En este contexto, la gestión del mantenimiento es crítica para garantizar la operatividad y durabilidad de los activos. Sin embargo, en regiones agroindustriales como Guasave, predomina un enfoque correctivo que prioriza reparaciones reactivas sobre la programación preventiva. Esta administración deficiente genera paros inesperados, costos innecesarios y riesgos laborales (Solís et al., 2021). Particularmente, el taller mecánico de la ganadera BEFOSA en Guasave presenta una baja productividad derivada de la desorganización espacial, acumulación de residuos y una gestión documental inexistente.

La metodología 5S surge como una solución para transformar estos entornos mediante la estandarización y la disciplina operativa. Por ello, el objetivo de esta investigación es diseñar e implementar estrategias de optimización para los procedimientos de mantenimiento en la ganadera BEFOSA, integrando la metodología 5S con los principios de Total Productive Maintenance (TPM) y el enfoque Lean, alineándose al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12 sobre producción y consumo responsables.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estrategias de Mantenimiento y Calidad en la Agroindustria

El mantenimiento ha evolucionado de un enfoque reactivo (correctivo) hacia modelos proactivos (preventivo y predictivo) que maximizan la confiabilidad y el indicador OEE (Medina, 2022; Suazo, 2025; Zamora, 2024). En la ganadería, esta gestión es crítica para garantizar la seguridad operativa y la vida útil de los activos, sustentándose en estándares como la norma ISO 55000:2014 y sistemas de gestión documental que aseguran la trazabilidad y la rentabilidad (Gonzales, 2018; ISO, 2014; Suárez et al., 2021). Asimismo, la integración de la norma ISO 9001:2015 y las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) fortalece la competitividad en mercados globales mediante la optimización de procesos y el bienestar animal (ISO, 2015; Méndez, 2022; Palomino, 2018).

2.2. Sustentabilidad y ODS 12 en el Sector Pecuario

La Agenda 2030, a través del ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), exige a la industria pecuaria transitar hacia modelos sostenibles que mitiguen el impacto ambiental y la pérdida de biodiversidad (Naciones Unidas, 2023; UNDESA,

2023). La ganadería sostenible requiere una gestión racional de recursos hídricos y energéticos, minimizando la acumulación de residuos mediante la ecoeficiencia operativa (INIFAP, 2023). En este sentido, el mantenimiento no solo previene fallas técnicas, sino que actúa como una barrera contra la degradación ecosistémica derivada de una administración deficiente.

2.3 Sinergia Metodológica: TPM, Lean y 5S

La optimización operativa se fundamenta en la convergencia del Total Productive Maintenance (TPM) y el Lean Maintenance. El TPM involucra al personal en el cuidado de los equipos a través de ocho pilares, destacando el mantenimiento autónomo y preventivo (Canahua, 2021; Tavares, 2020). Por su parte, el enfoque Lean elimina desperdicios para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los activos mediante el flujo de trabajo Just In Time (Betancourth, 2025; Toro, 2021).

El núcleo operativo de estas filosofías es la Metodología 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke). Esta técnica promueve la organización, limpieza y estandarización de los espacios de trabajo, facilitando la detección de anomalías y reduciendo tiempos de búsqueda y riesgos laborales (Calderón, 2019; Fernández et al., 2018). La implementación sistémica de las 5S garantiza un entorno laboral seguro y rentable, consolidando una cultura de mejora continua indispensable para la sostenibilidad agroindustrial.

3. METODOLOGÍA

Se ejecutó una investigación aplicada para optimizar el mantenimiento en la ganadería BEFOSA mediante la metodología 5S, integrando normativas de calidad y los principios del ODS 12 (Angulo, 2021; Saraiba et al., 2023; Vásquez et al., 2024). El proceso se sistematizó en tres etapas:

Diagnóstico y Análisis Causal: Se evaluaron las condiciones iniciales de activos, personal y limpieza. Esta fase incluyó un análisis FODA y una matriz de evaluación de factores internos y externos para priorizar áreas de mejora. Complementariamente, se utilizó un diagrama de Ishikawa para determinar las causas raíz de la desorganización y las deficiencias en la higiene operativa.

Diseño Estratégico e Implementación: A partir del diagnóstico, se definieron planes de acción y herramientas técnicas específicas para el cumplimiento de cada pilar de las 5S. Esta etapa se enfocó en mitigar amenazas operativas y estandarizar los procedimientos de mantenimiento mediante planes de acción dirigidos.

Evaluación y Control: El desempeño se midió mediante auditorías 5S bimestrales, utilizando listas de verificación para los cinco pilares con una escala de calificación de 6 a 10 puntos.

Para la gestión de datos, se emplearon registros operativos y formatos de control digitalizados en Microsoft Excel, asegurando la trazabilidad de las acciones de mejora. El análisis fue de tipo descriptivo y comparativo, calculando promedios por

estación de trabajo para determinar la evolución del nivel de cumplimiento durante el periodo de estudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de la metodología 5S y el sistema de control digitalizado permitió cuantificar la evolución de la eficiencia operativa en el taller mecánico. Los hallazgos derivados del diagnóstico situacional y las auditorías periódicas evidencian una mejora significativa en la organización y el mantenimiento de los activos, como se detalla en las siguientes figuras y análisis comparativos:

Figura 1. Análisis FODA

Logo de la empresa		ANÁLISIS FODA		Código:	0
				Versión:	0
				Página:	1
				Fecha:	24/01/2025
MATRIZ FODA					
ANÁLISIS INTERNO	F	FORTALEZAS	D	DEBILIDADES	
	F1	Personal con experiencia en mantenimiento mecánico	D1	Desorden en el área de trabajo	
	F2	Disponibilidad de herramientas y equipo	D2	Falta de cultura de mantenimiento preventivo	
	F3	Espacio adecuado para el taller mecánico	D3	Acumulación de materiales y herramientas en desuso	
	F4	Interés en la mejora continua por parte de la administración	D4	Baja estandarización en los procesos de mantenimiento	
F5	Posibilidad de implementar un programa de mantenimiento preventivo	D5	Resistencia al cambio por parte del personal		
ANÁLISIS EXTERNO	O	OPORTUNIDADES	A	AMENAZAS	
	O1	Mayor productividad mediante la reducción de tiempos improductivos	A1	Resistencia de la alta dirección a invertir en mejoras organizacionales	
	O2	Reducción de costos operativos	A2	Condiciones climáticas adversas	
	O3	Mejora en seguridad y ergonomía dentro del taller	A3	Falta de apoyo gubernamental o subsidios	
	O4	Posibilidad de obtener certificaciones en calidad y seguridad	A4	Falta de proveedores confiables de repuestos y herramientas	
O5	Acceso a programas de capacitación en mejora continua	A5	Competencia con otros talleres mecánicos que pueden adoptar mejoras más rápido		
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
María Guadalupe Osuna Estrada		Ing. Luis Jesús Rendón Gastélum		Ing. Álvaro de Jesús Perea Higuera	

Fuente: Elaboración propia.

El análisis FODA (Figura 1) identificó una brecha crítica entre las capacidades técnicas del taller y su eficiencia operativa. Aunque se cuenta con personal experimentado y equipamiento suficiente, la productividad se ve limitada por el desorden sistémico y la carencia de procesos estandarizados. Estos hallazgos, vinculados a la resistencia organizacional y la inestabilidad en el suministro de repuestos, fundamentaron la necesidad de una intervención estructural basada en 5S para capitalizar las oportunidades de seguridad, ergonomía y certificación de calidad detectadas.

Figura 2. Matriz de Evaluación de Factores Internos

Logo de la empresa	ANÁLISIS FODA	Código:	U
		Versión:	0
		Página:	2
		Fecha:	24/01/2025

Matriz de Evaluación de Factores internos

Evaluación	TIPO	N°	Descripción	Importancia	Impacto	Tendencia	Puntuación
Factores internos (EFI)	Fortalezas	F1	Personal con experiencia en mantenimiento	Poco importante	Promedio	Deficiente	12
Factores internos (EFI)	Fortalezas	F2	Disponibilidad de herramientas y equipo	Poco importante	Promedio	Deficiente	12
Factores internos (EFI)	Fortalezas	F3	Espacio adecuado para el taller mecánico	Poco importante	Promedio	Deficiente	12
Factores internos (EFI)	Fortalezas	F4	Interés en la mejora continua por parte de la administración	Poco importante	Promedio	Deficiente	12
Factores internos (EFI)	Fortalezas	F5	Posibilidad de implementar un programa de mantenimiento preventivo	Poco importante	Promedio	Deficiente	12
Factores internos (EFI)	Debilidades	D1	Desorden en el área de trabajo	Poco importante	Promedio	Deficiente	12
Factores internos (EFI)	Debilidades	D2	Falta de cultura de mantenimiento preventivo	Poco importante	Promedio	Deficiente	12
Factores internos (EFI)	Debilidades	D3	Acumulación de materiales y herramientas en desorden	Poco importante	Promedio	Deficiente	12
Factores internos (EFI)	Debilidades	D4	Baja estandarización en los procesos de mantenimiento	Poco importante	Promedio	Deficiente	12
Factores internos (EFI)	Debilidades	D5	Resistencia al cambio por parte del personal	Poco importante	Promedio	Deficiente	12

Fuente: Elaboración propia.

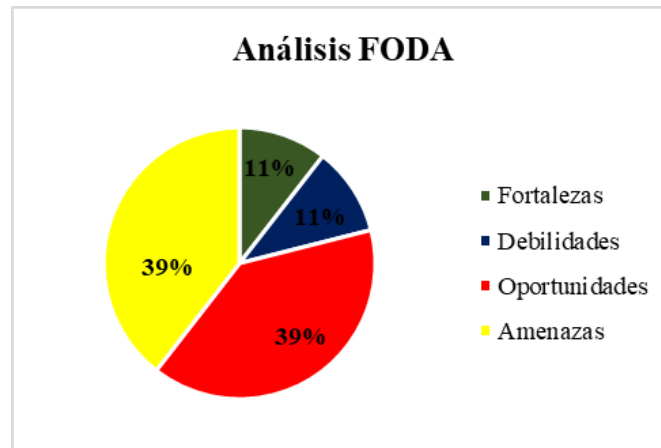
Figura 3. Matriz de Evaluación de Factores Externos

Matriz de Evaluación de Factores externos

Evaluación	TIPO	N°	Descripción	Importancia	Urgencia	Tendencia	Puntuación
Factores externos (EFE)	Oportunidades	O1	Mayor productividad mediante la reducción de tiempos improductivos	Importante	Urgente prom.	Mucha mejora	45
Factores externos (EFE)	Oportunidades	O2	Reducción de costos operativos	Importante	Urgente prom.	Mucha mejora	45
Factores externos (EFE)	Oportunidades	O3	Mejora en seguridad y ergonomía dentro del taller	Importante	Urgente prom.	Mucha mejora	45
Factores externos (EFE)	Oportunidades	O4	Posibilidad de obtener certificaciones en calidad y seguridad	Importante	Urgente prom.	Mucha mejora	45
Factores externos (EFE)	Oportunidades	O5	Acceso a programas de capacitación en mejora continua	Importante	Urgente prom.	Mucha mejora	45
Factores externos (EFE)	Amenazas	A1	Resistencia de la alta dirección a invertir en mejoras organizacionales	Importante	Urgente prom.	Mucha mejora	45
Factores externos (EFE)	Amenazas	A2	Condiciones climáticas adversas	Importante	Urgente prom.	Mucha mejora	45
Factores externos (EFE)	Amenazas	A3	Falta de apoyo gubernamental o subsidios	Importante	Urgente prom.	Mucha mejora	45
Factores externos (EFE)	Amenazas	A4	Falta de proveedores confiables de repuestos y herramientas	Importante	Urgente prom.	Mucha mejora	45
Factores externos (EFE)	Amenazas	A5	Competencia con otros talleres mecánicos que pueden adoptar mejoras más rápido	Importante	Urgente prom.	Mucha mejora	45

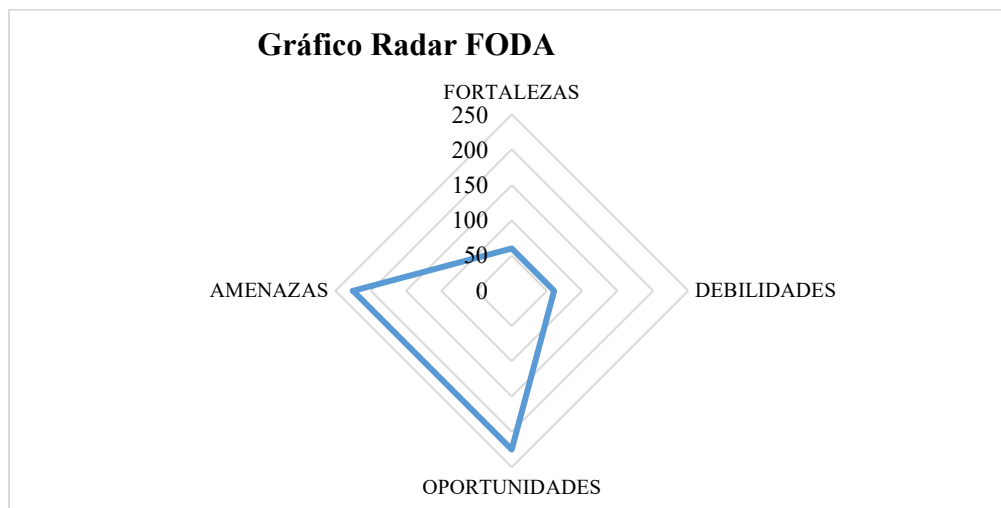
Fuente: Elaboración propia.

La evaluación de factores internos y externos (Figuras 2 y 3) se realizó mediante una matriz de ponderación de importancia, urgencia, tendencia e intensidad. Se empleó una escala de cinco puntos para calificar los indicadores derivados del diagnóstico FODA, permitiendo jerarquizar el impacto estratégico de cada variable en la productividad del taller.

Figura 4. Gráfica del Análisis FODA

Fuente: Elaboración propia

El análisis de impacto (Figura 4) revela la prevalencia de los factores externos (39%) sobre los internos (11%), lo que demanda una gestión prioritaria de amenazas y oportunidades para mitigar riesgos operativos y asegurar la estabilidad del taller.

Figura 5. Gráfico Radar FODA

Fuente: Elaboración propia.

Los puntajes internos (60) y externo (225) evidencian un equilibrio estratégico favorable, lo que confirma la estabilidad organizacional necesaria para la intervención.

Figura 6. Primera parte de la Matriz de Estrategias

Logo de la empresa	ANÁLISIS FODA		Código: 0		
			Versión: 0		
			Página: 3		
			Fecha: 24/01/2025		
FODA CRUZADO (ESTRATEGIAS)					
FACTORES EXTERNOS FACTORES INTERNOS	O	OPORTUNIDADES (O)	A	AMENAZAS (A)	
	O1	Mayor productividad mediante la reducción de tiempos improductivos	A1	Resistencia de la alta dirección a invertir en mejoras organizacionales	
	O2	Reducción de costos operativos	A2	Condiciones climáticas adversas	
	O3	Mejora en seguridad y ergonomía dentro del taller	A3	Falta de apoyo gubernamental o subsidios	
	O4	Posibilidad de obtener certificaciones en calidad y seguridad	A4	Falta de proveedores confiables de repuestos y herramientas	
	O5	Acceso a programas de capacitación en mejora continua	A5	Competencia con otros talleres mecánicos que pueden adoptar mejoras más rápido	
FORTALEZAS (F)	FO	ESTRATEGIAS OFENSIVAS (F-O) ¿Cómo podemos usar una fortaleza para explotar una oportunidad?	FA	ESTRATEGIAS DEFENSIVAS (F-A) ¿Cómo podemos usar una fortaleza para minimizar o neutralizar una amenaza?	
F1	Personal con experiencia en mantenimiento mecánico	F1:O4	Optimización del almacenamiento y gestión de herramientas y repuestos	F4:A1	Justificación del impacto positivo de 5S ante la alta dirección
F2	Disponibilidad de herramientas y equipo	F2:O2	Desarrollo de un sistema de mantenimiento preventivo y predictivo basado en 5S	F2:A2	Implementación de mantenimiento basado en 5S para contrarrestar el impacto del clima
F3	Espacio adecuado para el taller mecánico	F3:O5	Implementación de un programa de capacitación en mejora continua y 5S	F4:A3	Desarrollo de relaciones estratégicas con proveedores confiables
F4	Interés en la mejora continua por parte de la administración	F4:O1	Implementación estructurada de 5S para aumentar la productividad	F1:A4	Capacitación en mejora continua para reducir la resistencia al cambio
F5	Posibilidad de implementar un programa de mantenimiento preventivo	F5:O3	Certificación del taller en estándares de calidad y seguridad	F3:A5	Aplicación de estándares de calidad para mejorar la competitividad

Fuente: Elaboración propia.

A través de la Matriz Cruzada (Figuras 6 y 7), se derivaron estrategias centradas en la optimización de inventarios, estandarización de procesos y eliminación de desperdicios bajo el enfoque 5S. Estas acciones buscan capitalizar las oportunidades de competitividad y transformar las debilidades operativas en fortalezas productivas.

Figura 7. Segunda parte de la Matriz de Estrategias

FORTALEZAS (F)	FO	ESTRATEGIAS OFENSIVAS (F-O) ¿Cómo podemos usar una fortaleza para explotar una oportunidad?	FA	ESTRATEGIAS DEFENSIVAS (F-A) ¿Cómo podemos usar una fortaleza para minimizar o neutralizar una amenaza?	
F1	Personal con experiencia en mantenimiento mecánico	F1:O4	Optimización del almacenamiento y gestión de herramientas y repuestos	F4:A1	Justificación del impacto positivo de 5S ante la alta dirección
F2	Disponibilidad de herramientas y equipo	F2:O2	Desarrollo de un sistema de mantenimiento preventivo y predictivo basado en 5S	F2:A2	Implementación de mantenimiento basado en 5S para contrarrestar el impacto del clima
F3	Espacio adecuado para el taller mecánico	F3:O5	Implementación de un programa de capacitación en mejora continua y 5S	F4:A3	Desarrollo de relaciones estratégicas con proveedores confiables
F4	Interés en la mejora continua por parte de la administración	F4:O1	Implementación estructurada de 5S para aumentar la productividad	F1:A4	Capacitación en mejora continua para reducir la resistencia al cambio
F5	Posibilidad de implementar un programa de mantenimiento preventivo	F5:O3	Certificación del taller en estándares de calidad y seguridad	F3:A5	Aplicación de estándares de calidad para mejorar la competitividad
DEBILIDADES (D)	DO	ESTRATEGIAS DE REORIENTACIÓN (D-O) ¿Cómo podemos corregir una debilidad para poder aprovechar una oportunidad?	DA	ESTRATEGIAS DE SUPERVIVENCIA (D-A) ¿Cómo vamos a trabajar una debilidad para minimizar el efecto de una amenaza?	
D1	Desorden en el área de trabajo	D4:O3	Implementación de capacitaciones para mejorar la estandarización del mantenimiento	D5:A2	Plan de motivación y capacitación para reducir la resistencia al cambio y mitigar el impacto del clima adverso
D2	Falta de cultura de mantenimiento preventivo	D3:O2	Eliminación de materiales y herramientas en desuso para mejorar la eficiencia operativa	D1:A4	Implementación de control visual y orden en el taller para reducir el desorden y hacer frente a la competencia
D3	Acumulación de materiales y herramientas en desuso	D1:O4	Implementación de un sistema de organización visual para combatir el desorden	D2:A1	Creación de procedimientos de mantenimiento para combatir la falta de inversión en mejoras
D4	Baja estandarización en los procesos de mantenimiento	D2:O5	Creación de un programa de mantenimiento preventivo para reducir la cultura de mantenimiento correctivo	D3:A5	Eliminación de herramientas y materiales obsoletos para evitar retrasos por falta de suministros confiables
D5	Resistencia al cambio por parte del personal	D5:O1	Sensibilización del personal para reducir la resistencia al cambio mediante mejoras en la productividad	D4:A3	Creación de procedimientos estandarizados para mejorar la gestión de proveedores

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Primera parte de Planes de Acción

Nombre de la empresa		Código:	U		
ANÁLISIS FODA		Versión:	0		
		Página:	4		
		Fecha:	24/01/2025		

PLANES DE ACCIÓN					
Tipo de estrategia	Descripción estrategia	Planes de acción	Responsable	Duración	Estado
F1:04	Optimización del almacenamiento y gestión de herramientas y repuestos	1.- Aplicar Seiri (Clasificar) para eliminar herramientas innecesarias. 2.- Implementar Seiton (Ordenar) con estanterías, etiquetas y tableros visuales. 3.- Crear un inventario digital de herramientas y repuestos. 4.- Asignar un responsable de control de inventarios.	Jefe de Taller y Encargado de Inventarios	1-2 meses	Completado
F2:02	Desarrollo de un sistema de mantenimiento preventivo y predictivo basado en 5S	1.- Diseñar un calendario de mantenimiento preventivo para la maquinaria. 2.- Implementar listas de inspección diarias, semanales y mensuales. 3.- Capacitar al personal en mantenimiento autónomo. 4.- Incorporar sensores o registros de datos para mantenimiento predictivo.	Coordinador de Mantenimiento	3 meses	Completado
F3:05	Implementación de un programa de capacitación en mejora continua y 5S	1.- Diseñar e impartir talleres de 5S y mejora continua. 2.- Realizar simulaciones prácticas en el taller. 3.- Evaluar la aplicación de 5S con auditorías periódicas. 4.- Implementar un sistema de incentivos para empleados que adopten 5S.	Jefe de Recursos Humanos y Supervisor de Taller	2 meses	Culminado
F4:A1	Justificación del impacto positivo de 5S ante la alta dirección	1.- Elaborar un informe técnico y financiero sobre los beneficios de 5S. 2.- Presentar casos de éxito de 5S en talleres similares. 3.- Mostrar indicadores de mejora (reducción de tiempos improductivos, optimización de espacio). 4.- Proponer una implementación progresiva para reducir costos iniciales.	Gerente de Operaciones	1 mes	Culminado
F2:A2	Implementación de mantenimiento basado en 5S para contrarrestar el impacto del clima	1.- Proteger herramientas y equipos con recubrimientos anticorrosivos. 2.- Implementar zonas cubiertas y almacenamiento sellado. 3.- Establecer un protocolo de limpieza y resguardo en temporada	Jefe de Mantenimiento y Seguridad	2 meses	En proceso

Fuente: Elaboración propia.

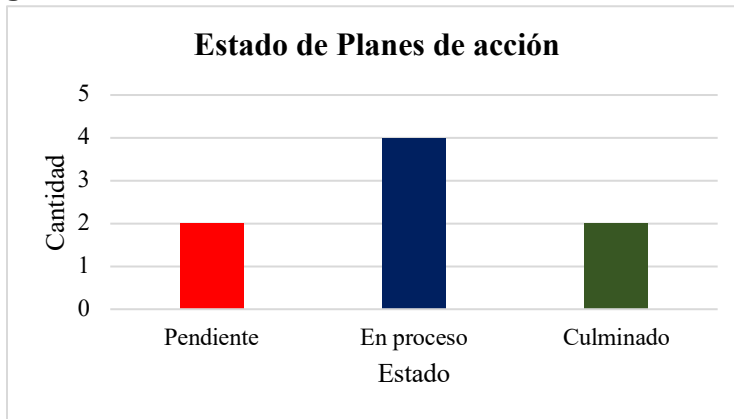
Figura 9. Segunda parte de Planes de Acción

Tipo de estrategia	Descripción estrategia	Planes de acción	Responsable	Duración	Estado
F4:A3	Desarrollo de relaciones estratégicas con proveedores confiables	1.- Evaluar y seleccionar proveedores con mejor calidad y tiempos de entrega. 2.- Negociar contratos a largo plazo para evitar desabastos. 3.- Implementar un sistema de compras programadas basado en inventarios. 4.- Realizar auditorías anuales a proveedores.	Departamento de Compras	3 meses	En proceso
D4:03	Implementación de capacitaciones para mejorar la estandarización del mantenimiento	1.- Definir procedimientos estándar de mantenimiento y reparaciones. 2.- Crear manuales y guías visuales con pasos detallados. 3.- Implementar un sistema de evaluación del cumplimiento de estándares. 4.- Organizar simulaciones de mantenimiento con escenarios reales.	Coordinador de Mantenimiento y Capacitación	2 meses	En proceso
D3:02	Eliminación de materiales y herramientas en desuso para mejorar la eficiencia operativa	1.- Realizar un inventario y clasificación de herramientas y repuestos. 2.- Aplicar Seiri (Clasificar) para desechar o reciclar materiales obsoletos. 3.- Establecer un protocolo de donación, venta o reciclaje de herramientas en desuso. 4.- Hacer un seguimiento mensual para evitar acumulaciones innecesarias.	Encargado de Almacén y Supervisor de Taller	1 mes	En proceso
D5:A2	Plan de motivación y capacitación para reducir la resistencia al cambio y mitigar el impacto del clima adverso	1.- Realizar sesiones de sensibilización sobre los beneficios de 5S. 2.- Aplicar un sistema de reconocimiento y recompensas para trabajadores que adopten buenas prácticas. 3.- Realizar sesiones de feedback para atender inquietudes del personal. 4.- Adecuar el entorno de trabajo para mejorar ergonomía y confort en condiciones extremas.	Departamento de Recursos Humanos	3 meses	Pendiente

Fuente: Elaboración propia.

Las Figuras 8 y 9 detallan la operatividad de las estrategias mediante la asignación de tareas, responsables y cronogramas, garantizando el seguimiento sistemático de la implementación.

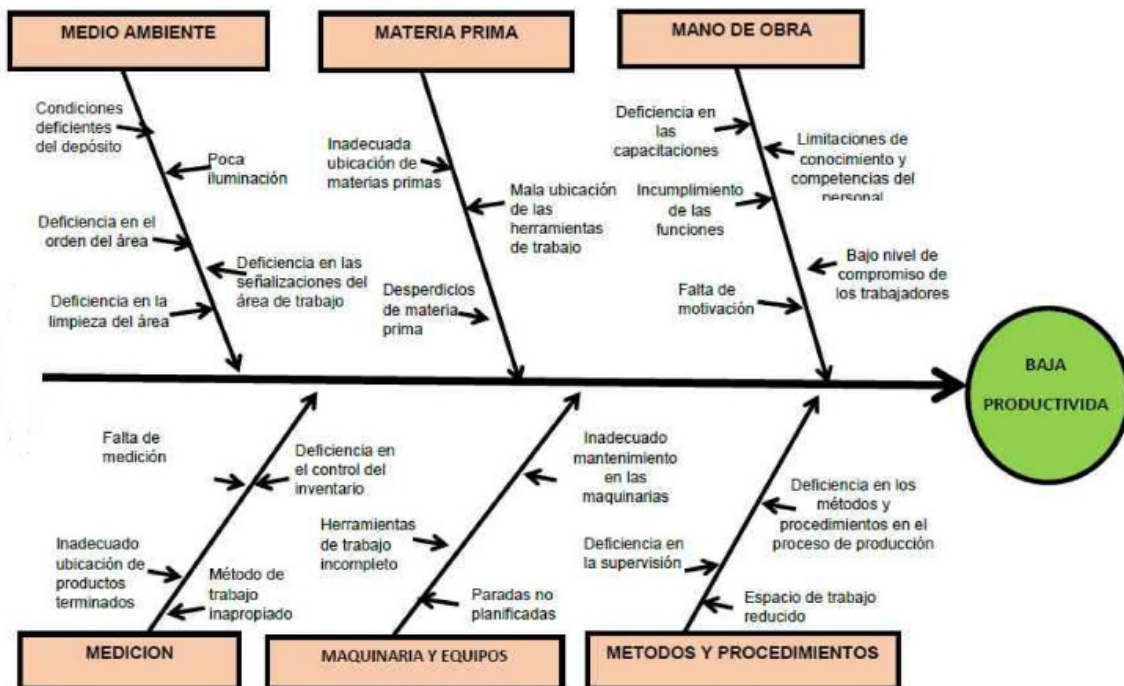
Figura 10. Gráfica de Estados de Planes de Acción



Fuente: Elaboración propia.

El avance de los planes de acción (Figura 10) refleja una ejecución progresiva durante el periodo enero-abril 2025, con la mayoría de las estrategias en fase operativa o concluidas. Complementariamente, el diagrama de Ishikawa (Figura 11) identifica seis áreas críticas —entorno, materiales, personal, medición, maquinaria y métodos— responsables de la baja eficiencia. Este diagnóstico permitió alinear la intervención 5S con la optimización de recursos y la gestión sostenible de residuos, mitigando el impacto ambiental del taller.

Figura 11. Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración propia.

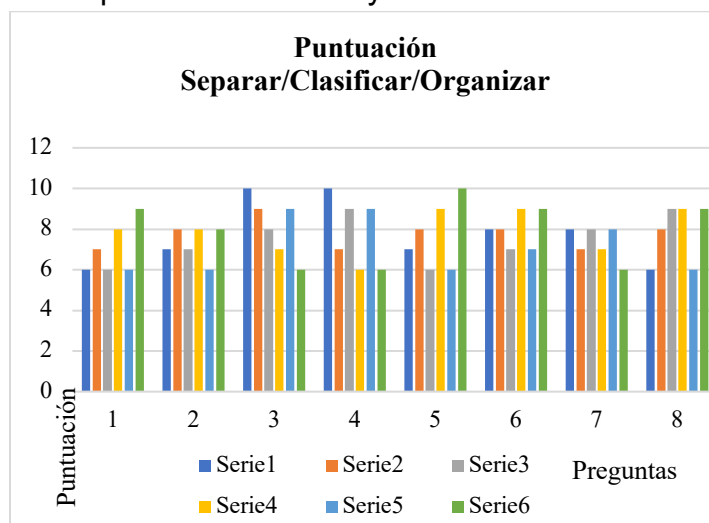
La auditoría 5S (Figura 12) se aplicó bimestralmente (enero-mayo 2025) en las seis estaciones de trabajo del taller. Mediante una escala de 6 a 10 puntos, se evaluó el cumplimiento de los pilares Seiri-Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, permitiendo el monitoreo sistemático del desempeño y la identificación de brechas operativas para la mejora continua.

Figura 12. Auditoría 5S para el periodo diciembre 2024-enero 2025

Área	Talle Mecánico		Fecha Audito	25-ene-25				
INTRUCCIONES: Evaluar cada atributo en una escala de 6 a 10 en dónde 6 es no satisfactorio y 10 muy satisfactorio.								
SEPARAR / CLASIFICAR / ORGANIZAR								
		7.75	7.75	7.50	7.88	7.13	7.88	Promedio
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	
¿El material que se encuentra en el escritorio esta ordenado?		6	7	6	8	6	9	7.00
¿Todos los artículos están en su lugar asignado?		7	8	7	8	6	8	7.33
¿Existen artículos sin uso en el momento encima de los escritorios?		10	9	8	7	9	6	8.17
¿Hay objetos en la oficina que no deberían estar?		10	7	9	6	9	6	7.83
¿Los archiveros/cajones se encuentran organizados?		7	8	6	9	6	10	7.67
que no deberían permanecer en lugar		8	8	7	9	7	9	8.00
Se encuentran más de 3 objetos personales en el lugar de trabajo		8	7	8	7	8	6	7.33
La información en las pizarrones se encuentra ordenada y vigente		6	8	9	9	6	9	7.83
Limpiar								
¿El área se encuentra libre de basura, comida?		7	8	7	8	6	9	7.50
Estandarizar								
¿Hay orden y estandarización de las carpetas en archivero?		7	8	6	9	6	10	7.67
Disciplina								
¿El área se encuentra libre de obstrucciones que impida el paso?		6	7	8	9	6	9	7.50
En general, consideras que el lugar de trabajo está limpio y organizado		6	7	8	8	6	9	7.33
¿El personal porta el gafete de la institución?		7	8	8	9	7	10	8.17
								Prom. General
								7.62
Auditor	Osuna Estrada María Guadalupe		Fecha Termina	27-ene-25				

Fuente: Elaboración propia.

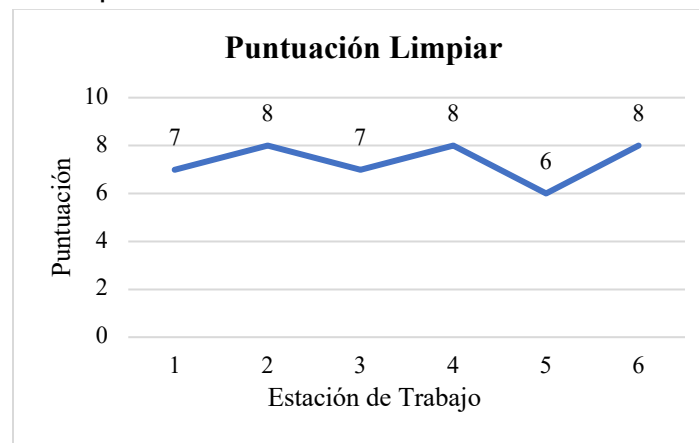
Figura 13. Gráfica del promedio del Seiri y Seiton



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 13 detalla los resultados de clasificación y organización (Seiri-Seiton) por estación, centrados en el orden espacial y la disposición técnica de materiales.

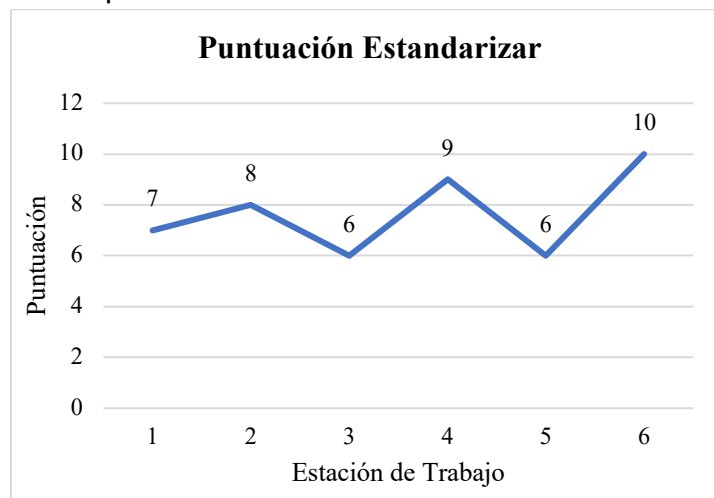
Figura 14. Gráfica del promedio del Seiso



Fuente: Elaboración propia.

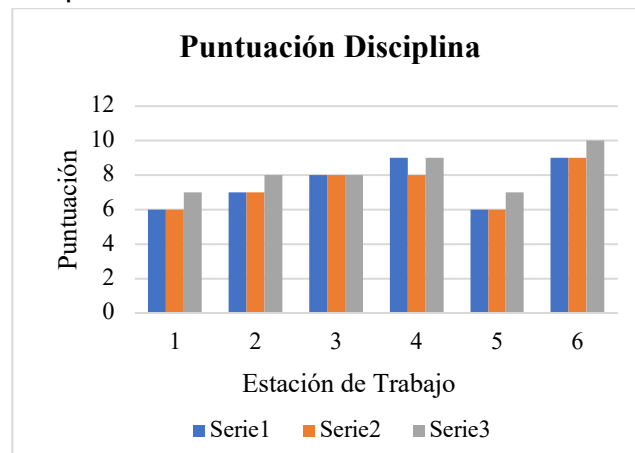
La Figura 14 detalla los niveles de limpieza (Seiso) alcanzados en cada estación de trabajo, conforme a los parámetros de evaluación de la auditoría 5S.

Figura 15. Gráfica del promedio del Seiketsu



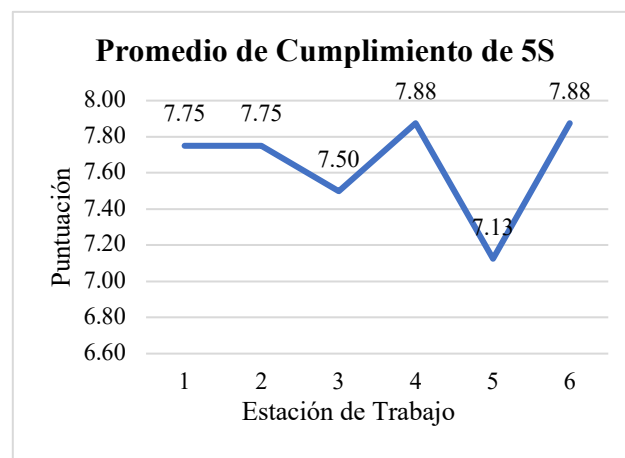
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 15 presenta el desempeño en estandarización (Seiketsu) por estación, validando el uso de métodos para la preservación de las condiciones de orden e higiene logradas.

Figura 16. Gráfica del promedio del Shitsuke

Fuente: Elaboración propia.

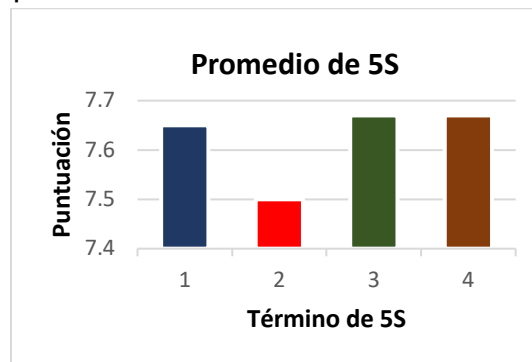
La figura 16 ilustra las calificaciones otorgadas a cada estación de trabajo del taller en relación con el principio Shitsuke, evaluando el nivel de disciplina con que se mantienen el orden y la limpieza en cada área.

Figura 17. Gráfica del promedio de la implementación de las 5S

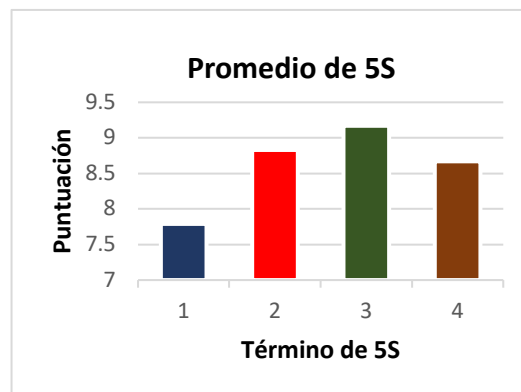
Fuente: Elaboración propia.

De la figura 17 se muestra el promedio general de aplicación de la metodología 5S en cada estación del taller mecánico, donde las estaciones 1 y 2 obtuvieron una puntuación de 7.75, la tercera alcanzó 7.50, la cuarta y sexta lograron 7.88, y la quinta registró el valor más bajo con 7.13.

La Figura 18 consolida los promedios del ciclo inicial (diciembre 2024-enero 2025): Seiri-Seiton (7.65), Seiso (7.50) y Seiketsu-Shitsuke (7.67). Estos resultados establecen la línea base para contrastar el desempeño frente a los periodos subsecuentes (febrero-mayo 2025) y validar la efectividad de la mejora continua.

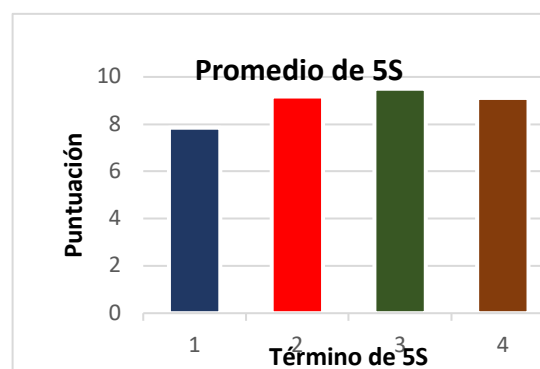
Figura 18. Gráfica del promedio de 5S en todo el taller

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Gráfica del promedio de 5S

Fuente: Elaboración propia.

La figura 19 muestra los resultados de la segunda auditoría de la metodología 5S en el taller mecánico, donde Seiri y Seiton obtuvieron un promedio de 7.79, Seiso alcanzó 8.83, Seiketsu logró 9.17 y Shitsuke recibió una calificación de 8.67, reflejando una mejora significativa en la implementación de cada etapa.

Figura 20. Gráfica del promedio de 5S de abril-mayo 2025

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20 se visualizan los resultados del promedio de 5S obtenidos del tercer bimestre obteniendo los siguientes valores: el Seiri y Seiton (1) lograron un valor de 7.85, el Seiso (2) obtuvo un promedio de 9.17, el Seiketsu (3) alcanzó una calificación de 9.50, y para el Shitsuke (4) llegó a la nota de 9.11.

Tabla 1. Promedio de implementación de 5S en todo el taller.

Fecha de Realización	Bimestre 1	Bimestre 2	Bimestre 3	Bimestre 4	Bimestre 5	Bimestre 6
	Dic-Ene	Feb-Mar	Abril-Mayo	Junio-Julio	Ago-Sep	Oct-Nov
Promedio de Auditoría	7.62	8.61	8.91			

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados consolidados (Tabla 1) confirman una mejora significativa en la eficiencia operativa, con un incremento del 16.9 % en el promedio general de cumplimiento, ascendiendo de una línea base de 7.62 a 8.91 en mayo de 2025. Este avance evidencia la transición efectiva de un enfoque correctivo desordenado hacia un modelo de mantenimiento estructurado y sostenible. La respuesta positiva del personal impulsó especialmente la estandarización y la disciplina (Seiketsu y Shitsuke), validando la internalización de nuevos hábitos operativos. Asimismo, la integración del análisis FODA y el diagrama de Ishikawa permitió alinear las prácticas del taller con la norma ISO 9001 y el ODS 12, optimizando la gestión documental y promoviendo la ecoeficiencia en los procesos pecuarios.

5. CONCLUSIONES

La implementación de las 5S transformó la gestión del taller BEFOSA de un enfoque reactivo a uno proactivo y sostenible, con un incremento de cumplimiento del 7.62 al 8.91 (16.9 %) en cinco meses. Esta mejora técnica, sustentada en diagnósticos FODA e Ishikawa, asegura la alineación con la norma ISO 9001 y el ODS 12, optimizando la eficiencia productiva y la ecoeficiencia operativa. Como innovación social, el proyecto democratizó el conocimiento técnico y fomentó la corresponsabilidad, vinculando el bienestar humano con la competitividad pecuaria. Para la escalabilidad del sistema, se recomienda:

Evolución Técnica: Integrar herramientas de TPM y Lean Maintenance para fortalecer el mantenimiento autónomo.

Digitalización: Implementar KPIs y control documental digital para asegurar la trazabilidad y el monitoreo en tiempo real.

Expansión: Replicar el modelo en las áreas administrativas y productivas de la empresa.

6. REFERENCIAS

- Angulo Rebaza, C. (2021). Desarrollo empresarial público de derecho privado en el sector del mantenimiento aeronáutico en la Marina de Guerra del Perú. *Industrial Data*, 24(1), 77–86. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.16456>
- Betancourth, C. H. (2024, marzo 29). *Implementación exitosa de mantenimiento Lean en la industria manufacturera*. <https://predictiva21.com/antenimiento-lean-industria-manufacturera>
- Calderón Gonzales, V. A. (2019). *Mejora de la productividad aplicando la metodología 5S en la empresa Agroindustrias Verdeflor S.A.C., provincia de Huaral–2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
- Canahua Apaza, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, 24(1), 49–62. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>
- Centro de Información Estadística y Geográfica del Estado de Sinaloa (CIEGSIN). (2024). *Ganadería: indicadores por tema*. <https://ceieg.sinaloa.gob.mx/eBooks/Temas/GANADERIA%202024.pdf>
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (UNDESA). (2023). *Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023: Edición especial*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/the-sustainable-development-goals-report-2023-spanish.pdf>
- Fernández Paima, B. L., & Morales Cabada, C. A. (2018, junio). *Aplicación del modelo de las 5S para mejorar la productividad del área de operaciones de Ganadera Agrícola M&M S.A.C., Trujillo – I semestre 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego].
- Gobierno de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2023, enero 9). *Sustentabilidad en la ganadería*. <https://www.gob.mx/inifap/es/articulos/sutentabilidad-en-la-ganaderia>
- Gobierno de México, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024, agosto 1). *Panorama agroalimentario*. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>
- Gonzales Martínez, K. (2018, septiembre 14). *Importancia de los registros ganaderos*. <https://zoovetesmpasion.com/ganaderia/administracion-ganadera/los-registros-ganaderos>
- International Organization for Standardization. (2014). *Asset management – Overview, principles and terminology (ISO 55000:2014)*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:55000:ed-1:v2:es>

- International Organization for Standardization. (2015). *Quality management systems – Requirements (ISO 9001:2015)*.
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- Medina, R. (2022). Tipos de mantenimiento en las unidades de medición de producción de pozos petroleros. *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES*, 6(21), 37–49.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=621972217002>
- Méndez Barrón, R. (2022). Inocuidad, normatividad y calidad como estrategia competitiva: experiencias en el sector porcícola de México y Sonora. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 31(58). <https://doi.org/10.24836/es.v31i58.1155>
- Naciones Unidas. (2023). *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- Palomino Cadavid, P. (2018). Las buenas prácticas ganaderas para el mejoramiento de la productividad. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 13(2), 101–110.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072018000200101
- Reyes Chacón, D., Cadena López, A., & Rivera González, G. (2022, abril 4). El sistema de gestión de calidad y su relación con la innovación. *Interdisciplina*, 10(26), 217–240. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2021.25.80975>
- Saraiba Núñez, L. I., Arbella Feliciano, Y., Moreno Pino, M. R., & Torres Sainz, R. (2023). La gestión del mantenimiento acorde a la criticidad de los activos. *Ciencias Holguín*, 29(2).
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181574886002>
- Solís Meza, M., & Torres Rodríguez, R. (2021, diciembre 8). Contribuciones del TPM en la mejora de la gestión del mantenimiento. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4(8), 58–78.
<https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0051>
- Suárez Arteaga, C. S., & García Salmon, L. A. (2021, enero 1). El nivel de eficacia y eficiencia como principio fundamental de la gestión documental. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales (ReHuso)*, 6(1), 92–105.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.5513107>
- Suazo, L. (2025, enero 30). *Las mejores técnicas de mantenimiento predictivo*.
<https://traction.com/es/blog/tecnicas-de-mantenimiento-predictivo-utilizadas-en-la-industria>
- Tavares, L. A. (2020, agosto 31). *Mantenimiento productivo total (TPM) – Explicado*.
<https://predictiva21.com/tpm-explicado>

- Toro, R. (2021, mayo 26). *¿Qué es el mantenimiento Lean y cuál es su impacto empresarial?* <https://www.fracttal.com/es/blog/mantenimiento-lean-mejora-continua>
- Vásquez Cáceres, J. E., Orellana Pardave, J. A., Rebaza Pino, A. C., & Altamirano Chunga, L. A. (2024, mayo 2). Gestión de mantenimiento de maquinaria y equipos en diferentes sectores agroindustriales: revisión sistemática. *Alfa: Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 8(23), 559–575. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.286>
- Zamora, R. (2024, mayo 18). *Mantenimiento preventivo de las fábricas y su impacto en la eficiencia global de equipos*. <https://predictiva21.com/mantenimiento-preventivo-impacto-eficiencia-global>

LOS MANGLARES DEL NORTE DE SINALOA: BIODIVERSIDAD Y PATRIMONIO BIOCULTURAL PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

Jesús Manuel Díaz Gaxiola

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis

jesus.dg@mochis.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6691-9410>

Gerardo Rangel Cota

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis

gerardo.rc@mochis.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0002-5286-6888>

RESUMEN

Los manglares son ecosistemas costeros vitales para el patrimonio biocultural y la sostenibilidad de las comunidades costeras. Actúan como hábitats ricos en biodiversidad, incluyendo numerosas especies marinas, aves, reptiles y mamíferos, y brindan servicios ecosistémicos esenciales como protección contra la erosión, amortiguación de tormentas y mitigación del cambio climático mediante la captura y almacenamiento de carbono. Además, ofrecen recursos para la pesca, la recolección de materiales y el turismo sostenible, constituyendo una base económica y cultural para las poblaciones locales. Estos ecosistemas están altamente relacionados con múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible, aportando a la seguridad alimentaria, la equidad social, la educación ambiental y la regulación climática. Sin embargo, enfrentan amenazas graves como la deforestación, contaminación, desarrollo costero no regulado y cambio climático, que ponen en riesgo su integridad y los medios de vida dependientes. La conservación y manejo sostenible de los manglares requieren de la participación activa de las comunidades locales, integrando el conocimiento tradicional con la ciencia para el desarrollo de estrategias eficaces. Su valor cultural se refleja en tradiciones ancestrales y prácticas espirituales vinculadas a estos ecosistemas, manteniendo la identidad y el bienestar social. En conjunto, los manglares representan un tesoro biocultural indispensable para la salud ecológica y social de las zonas costeras, siendo prioritario protegerlos y promover su uso sostenible para garantizar su conservación y el desarrollo equitativo y resiliente de las comunidades que dependen de ellos.

Palabras clave: Biodiversidad, conservación, Patrimonio biocultural, zonas costeras.

ABSTRACT

Mangroves are coastal ecosystems vital to the biocultural heritage and sustainability of coastal communities. They act as habitats rich in biodiversity, including numerous marine species, birds, reptiles, and mammals, and provide essential ecosystem services such as erosion protection, storm buffering, and climate change mitigation through carbon capture and storage. Furthermore, they offer resources for fishing, harvesting, and sustainable tourism, constituting an economic and cultural foundation for local populations. These ecosystems are closely linked to multiple Sustainable Development Goals, contributing to food security, social equity, environmental education, and climate regulation. However, they face serious threats such as deforestation, pollution, unregulated coastal development, and climate change, which jeopardize their integrity and the livelihoods they depend on. The conservation and sustainable management of mangroves require the active participation of local communities, integrating traditional knowledge with science to develop effective strategies. Their cultural value is reflected in ancestral traditions and spiritual practices linked to these ecosystems, maintaining identity and social well-being. Collectively, mangroves represent a biocultural treasure indispensable for the ecological and social health of coastal areas. Protecting them and promoting their sustainable use is a priority to ensure their conservation and the equitable and resilient development of the communities that depend on them.

Keywords: Biodiversity, conservation, biocultural heritage, coastal areas.

1. INTRODUCCIÓN

Los manglares son ecosistemas costeros esenciales ubicados en la transición entre ambientes terrestres y marinos, que juegan un papel vital en la biodiversidad (Díaz-Gaxiola, 2012; Clough, 2013; Salazar-Cervantes y Díaz Gaxiola, 2019; Herranz-Muñoz, 2024) y en la protección de las comunidades costeras (FAO, 2023). Proveen refugio y alimento a numerosas especies marinas (Bojorges-Baños, 2011; Ramadhani, Ambarwati y Gumilang, 2022; Ginantra, Muksin y Joni, 2023, Siddiq et al, 2023) y terrestres (Salampessy et al, 2015)., incluyendo peces, crustáceos y aves, y contribuyen a sostener actividades económicas locales (Bimrah et al, 2022; Pontón-Cevallos et al, 2022) como la pesca (Anneboina y Kavi-Kumar, 2017; Carrasquilla-Henao et al, 2019) y el turismo (Hakim, Siswanto y Nakagoshi, 2017). Además, actúan como barreras naturales que protegen las costas contra la erosión, tormentas (Lakshmi, 2021) y tsunamis.

En México, que alberga aproximadamente el 6% de los manglares mundiales, estos ecosistemas están protegidos por diversas normativas nacionales e internacionales como la Convención Ramsar y la NOM-059-SEMARNAT-2010. Sin embargo, enfrentan amenazas significativas (Herranz-Muñoz, 2024) como la deforestación, contaminación y desarrollo costero no sostenible, lo que representa un riesgo para su integridad ecológica y para las comunidades que dependen de ellos.

Los manglares también son sumideros efectivos de carbono (Alongi, 2012; Alongi, 2014; Jakovac et al, 2020), ayudando a mitigar el cambio climático al capturar y almacenar grandes cantidades de dióxido de carbono. Su conservación impacta positivamente a múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), incluyendo el fin de la pobreza y el hambre cero, salud y bienestar, igualdad de género, agua limpia, trabajo decente, acción climática, vida submarina y terrestre, y la promoción de alianzas institucionales para la gestión sostenible. Por su valor ecológico (Kallesøe, et al, 2008)., cultural (Glaser et al, 2010) y económico, la protección y manejo sostenible de los manglares es fundamental (SEMARNAT, 2003) para mantener la resiliencia costera, conservar la biodiversidad y asegurar medios de vida saludables y sostenibles para las generaciones presentes y futuras.

Los objetivos de este análisis son sensibilizar a la sociedad sobre la importancia de los manglares como ecosistema clave, promover su conservación como patrimonio biocultural y destacar la dependencia de las comunidades costeras en sus recursos. Busca también explorar su diversidad biológica, su rol en la pesca, la economía local y la resiliencia ante desastres. Además, enfatiza la integración del conocimiento tradicional en la gestión y ofrece recomendaciones para su uso sostenible y desarrollo comunitario armónico.

El patrimonio biocultural comprende los conocimientos, prácticas y formas de vida que las comunidades desarrollan en relación con la diversidad biológica y los ecosistemas (Ramos-Muñoz, Álvarez-Gordillo y Morales-López, 2018; Ekblom et al, 2019), reflejando una interacción dinámica entre cultura y naturaleza (Boege, 2021). En las comunidades costeras, esta relación se manifiesta en actividades como pesca artesanal, recolección de mariscos y agricultura de subsistencia, estrechamente ligadas a tradiciones y modos de vida (Mmom y Arokoya, 2010). Sin embargo, enfrentan desafíos como la degradación ambiental y el cambio climático (Quevedo, Uchiyama y Kohsaka (2020). Muchas comunidades trabajan activamente en la conservación mediante prácticas sostenibles, educación ambiental (Sarakhan, 2014) y gestión participativa, lo cual es fundamental para diseñar estrategias de conservación que respeten su sabiduría y promuevan el desarrollo sostenible.

2. METODOLOGÍA

El análisis realizado corresponde a las experiencias de los autores con cerca de 30 años de investigación sobre los manglares y la biodiversidad de invertebrados, peces, reptiles y aves en las zonas costeras del norte de Sinaloa. Con lo anterior, se llevó a cabo la revisión bibliográfica realizando una investigación exhaustiva de la literatura científica, estudios previos y documentos relevantes sobre manglares, biodiversidad y patrimonio biocultural. Después se hizo una identificación de temas clave para ver los aspectos más relevantes y actuales relacionados con los manglares, su biodiversidad y su importancia como patrimonio biocultural. Se definió la estructura y el enfoque de la información. Se realizaron muestreos (5-7 horas de

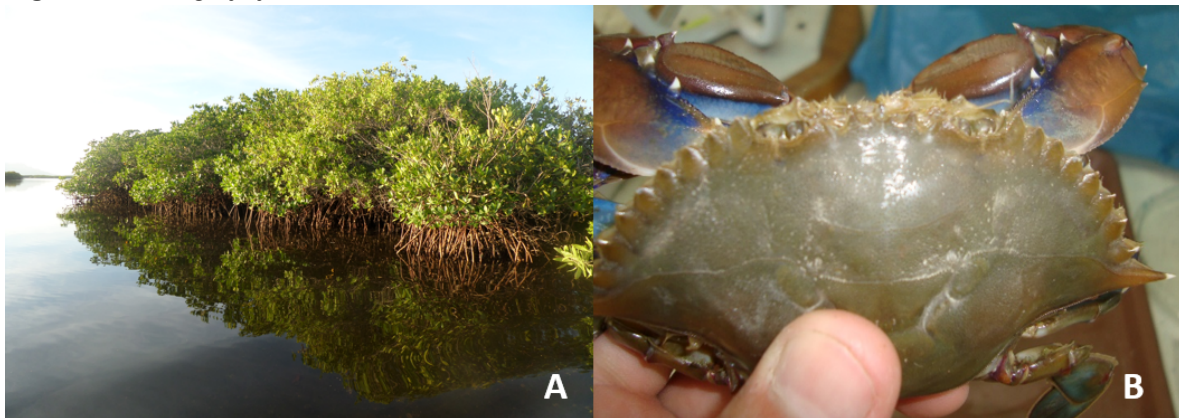
duración) en áreas de manglares para obtener información de primera mano y enriquecer el contenido del capítulo. La fotocolecta consistió en tomar *in situ*, fotografías de diversas especies que tienen relaciones de alimentación, vivienda temporal o definitiva en los manglares. Se llevó a cabo la colecta de datos relevantes, estadísticas y ejemplos concretos sobre la importancia de los manglares como ecosistemas ricos en biodiversidad y patrimonio biocultural. Finalmente se analizó la información recopilada y se alineó a los objetivos del desarrollo sostenible 2030.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el norte de Sinaloa se han detectado cuatro especies de manglares de las seis presentes en México (Conabio, 2013), y estas son: *Rhizophora mangle* (Figura 1a), *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* (mangle rojo, mangle prieto, mangle blanco y mangle botoncillo respectivamente) y todas se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010) que las cataloga bajo protección especial.

Figura 1a.- Bosque de manglar en la bahía de Topolobampo, Sinaloa, México,

Figura 2b.- cangrejo jaiba



Díaz-Gaxiola (2012) identificó 258 especies asociadas a manglar de las bahías de Ohuira y Topolobampo, Sinaloa, México. Dichas especies quedaron distribuidas de la siguiente manera: 11 especies de Porifera, tres especies de Cnidaria, una de Ctenophora, un Platyhelminthes, una especie de Nemertea, 28 especies de Polychaeta, una especie de Sipuncula, 115 especies de Mollusca, 85 especies de Arthropoda (Figura 1b), dos de Ectoprocta, seis de Echinodermata y cuatro especies de Ascidiidae.

Por su parte Salazar-Cervantes y Díaz-Gaxiola (2019) colectaron 64 especies de invertebrados asociados a las raíces de manglar en Topolobampo, Sinaloa. Los resultados desglosados fueron los siguientes: Mollusca tuvo 18 especies, Polychaeta 12, Cirripedia 7, Brachyura y Amphipoda 3 especies, Paguridae, Isopoda, Cumacea, Nematoda, Insecta, Acari y Porifera tuvieron 2 especies cada

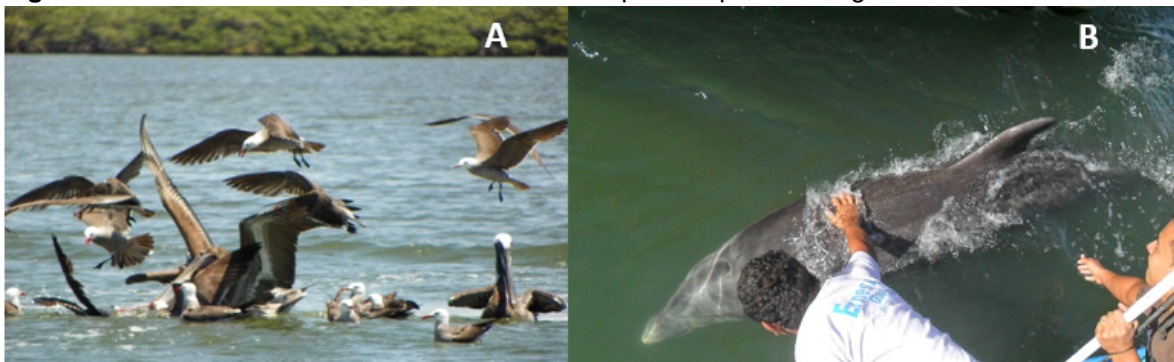
una, Pycnogonida Tanaidacea, Porcelanidae, Mysidae, Nemertea y Turbellaria con una sola especie cada una.

Rangel-Cota (2024, datos no publicados) a través de monitoreos semestrales y mediante el método de fotocolecta, ha identificado a fauna de vertebrados asociados a manglares, dentro de los reptiles Squamata a 4 familias (Boidae, Crocodylidae, Iguanidae y Gekkonidae), 5 órdenes de aves y 12 familias: Charadriiformes (Laridae); Ciconiiformes (Ardeidae, Cathartidae, Ciconiidae, Threskiornithidae); Falconiformes (Accipitridae, Falconidae); Passeriformes (Hirundinidae); Pelecaniformes (Fregatidae, Pelecanidae (Figura 2a), Phalacrocoracidae y Sulidae). Con respecto a mastofauna reporta a 5 órdenes: Carnivora con 3 familias y 5 especies (mapaches, coatí, coyote, zorra gris y zorrillo de espalda blanca); Didelphimorphia, en donde se ubica al tlachuache; Cingulata que alberga al armadillo; Artiodactyla conteniendo al jabalí y venado cola blanca y finalmente Lagomorpha con una familia del conejo del monte. Mención aparte merece el delfín (Figura 2b) (*Tursiops truncatus*) confinado en una caleta cercana a Punta Copas, Bahía de Topolobampo. Por su parte, Bojorges-Baños (2011) registró 17 órdenes, 39 familias y 94 especies de aves: 69 residentes y 25 migratorias en manglares de lagunas costeras en Oaxaca. Se carecen de datos sobre vertebrados en manglares para el norte de Sinaloa.

Arulnayagam, Khim y Park (2021) reportan que, en los bosques de manglar en Sri Lanka, se han documentado 99 invertebrados, con los Artropoda dominando (55 especies), seguidos de Mollusca (26 sp); mientras que para vertebrados se han identificado 214, siendo 112 peces, 72 aves, 13 reptiles y 2 anfibios. Valenzuela et al, (2013) para manglares de Filipinas encuentran 3 especies de aves, 4 de peces, 4 de esponjas, cnidarios, 9 de equinodermos, 3 de insectos, 2 de arañas, 6 de moluscos, 4 de crustáceos, así como 5 especies de pastos y 3 de macroalgas. Por otro lado, Hendrarto y Nitisuparjo (2011) reportan un elenco de 86 diatomeas bentónicas en bosques de manglar en Java, Indonesia. Todo lo anterior similar a lo encontrado por los autores en sus estudios de manglar en el norte de Sinaloa, México.

Figura 3a.-Aves asociadas a manglar,

Figura 3b.-Delfín confinado en ensenada bordeada por bosque de manglar.



La diversidad de especies presentes en los manglares contribuye a la estabilidad y resistencia del ecosistema, ya que cada especie desempeña un papel importante en el equilibrio ecológico. Por ejemplo, las raíces de los manglares actúan como viveros naturales para numerosas especies marinas, contribuyendo a la productividad y la salud de las poblaciones de peces y crustáceos.

Valor cultural de los manglares. El manglar tiene un gran valor cultural para muchas comunidades costeras, ya que ha sido una parte fundamental de sus medios de vida y su patrimonio durante generaciones. Estas comunidades han desarrollado una estrecha relación con los manglares, aprovechando sus recursos para la pesca, la recolección de mariscos, la obtención de materiales de construcción y medicinas naturales, entre otros usos. Aldeco, Cortés y Jurado (2015) señalan que la tala de mangle ha generado deterioro pesquero, desarraigo y pobreza cultural, aunado a la poca cohesión social y el despertar de problemas por la explotación y uso de los recursos naturales que este provee. Además, en algunas culturas, los manglares tienen un significado espiritual (Freitas, Minayo, Pena, Lopes, & Santos, 2012) y simbólico, y son considerados lugares sagrados o de importancia ancestral. En algunas regiones, se han desarrollado tradiciones y prácticas culturales vinculadas a los manglares, como ceremonias religiosas (Lutfhi, 2019), leyendas locales o artesanías inspiradas en la flora y fauna del ecosistema.

Por otro lado, el manglar también juega un papel en la identidad cultural de muchas comunidades, ya que forma parte de su paisaje (Polas, Topp & Plieninger, 2024) y su forma de vida, incluso desde épocas precolombinas (López-Angarita et al, 2016). La preservación de los manglares es, por lo tanto, crucial para la preservación de las tradiciones y el modo de vida de estas comunidades.

Servicios ecosistémicos de los manglares. Estos ecosistemas desempeñan un papel crucial en la protección costera, bienestar humano y la regulación climática a través de una serie de procesos ecológicos y funciones específicas:

Los manglares brindan servicios esenciales para las comunidades locales, protegiendo las costas contra la erosión (Salazar-Cervantes y Díaz-Gaxiola, 2019), tormentas (Quevedo, Uchiyama y Kohsaka, 2020; Bimrah et al, 2022) y tsunamis por medio de sus densas raíces que estabilizan el suelo (Lakshmi, 2021) y absorben la energía de las olas. Son sumideros eficientes de carbono (Ray y Jana, 2017; Tengku Hashim y Suratman, 2021), ayudando a mitigar el cambio climático al almacenar grandes cantidades de CO₂ en su biomasa y suelos (Gutting, et al, 2021). Regulan el clima local al moderar temperatura, viento y humedad, creando microclimas que benefician a áreas circundantes (Beserra de Lima y Galvani, 2013; Beserra de Lima, Cunha-Lignon y Galvani, 2021). Además, son hábitats críticos para una rica biodiversidad, incluyendo especies comerciales de peces, crustáceos y aves (Díaz-Gaxiola, 2012, Salazar-Cervantes y Díaz-Gaxiola, 2019; Rangel-Cota, 2024 com. pers.), fundamentales para la pesca sostenible, que es núcleo del

sustento de comunidades costeras (Anneboina y Kavi-Kumar, 2017; Carrasquilla-Henao et al, 2019).

Los manglares también proveen recursos directos como madera, materiales para artesanía y combustible, y apoyan prácticas tradicionales como la pesca artesanal (Becerra & Purizaga, 2015, Gálvez, Pacheco y Ramírez, 2017), que garantiza alimentación e ingresos para familias locales (Bimrah, et al, 2022). Actúan como zonas de reproducción y alimentación para numerosas especies, sosteniendo la productividad pesquera (Torres, et al, 2018; Salazar-Cervantes y Díaz-Gaxiola, 2019). Económicamente, ofrecen oportunidades a través del turismo responsable, acuicultura sostenible y recolección de productos no maderables, contribuyendo al desarrollo rural. Su rol es clave en la resiliencia frente a fenómenos climáticos extremos, sirviendo como barreras naturales (Lakshmi, 2021; Kallesøe et al, 2008) que protegen comunidades y ecosistemas. También poseen un alto potencial educativo, recreativo y científico, propiciando la conservación mediante el ecoturismo y la educación ambiental que fortalecen la relación entre la economía local y la protección ambiental.

4. AMENAZAS Y DESAFÍOS PARA LOS MANGLARES COMO PATRIMONIO BIOCULTURAL

Los manglares, como patrimonio biocultural, enfrentan amenazas como invasiones biológicas, pérdida de hábitat, contaminación, cambio climático, sobrepesca y explotación excesiva. En Sinaloa, las principales amenazas incluyen la deforestación, contaminación por residuos industriales y urbanos, y el desarrollo costero no regulado. Para su conservación es vital fortalecer regulaciones, promover la participación comunitaria, implementar prácticas sostenibles y restaurar ecosistemas. La educación ambiental y el empoderamiento local son claves para un manejo efectivo que integre conocimiento tradicional, proteja la biodiversidad y asegure la sustentabilidad de estos ecosistemas esenciales para comunidades costeras y la resiliencia ambiental. En el ámbito de la conservación regional de manglares, se tiene el caso de Angostura, Sinaloa, en el cual destaca la importancia de los manglares como ecosistema clave para la pesca y la protección costera. Involucra un proceso participativo con talleres donde participan comunidades, gobierno y sociedad civil para identificar problemáticas y diseñar soluciones, enfocándose en la vigilancia, conservación y restauración del sistema lagunar, buscando también medir el potencial de captura de carbono y replicar la metodología en otras regiones costeras (IKI Alliance, 2022).

5. CONCLUSIONES

Los manglares en el norte de Sinaloa representan ecosistemas vitales con alta biodiversidad y un importante patrimonio biocultural, ofreciendo servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades costeras, como protección contra

erosión y tormentas, hábitat para especies relevantes a la pesca y economía local (como visitas ecoturísticas con avistamientos de aves y delfines), y sumideros de carbono que mitigan el cambio climático. El manejo sostenible y conservación requiere combinar conocimiento tradicional con ciencia, enfatizando la participación comunitaria para asegurar el bienestar social y ambiental. Proyectos participativos en la región, como en La Angostura o Topolobampo, reflejan esta integración multidisciplinaria y comunitaria para enfrentar amenazas y promover el desarrollo resiliente, subrayando la urgencia de proteger estos ecosistemas clave para el desarrollo equitativo regional.

6. REFERENCIAS

- Aldeco, J.; Cortés Avalos, G. y Jurado Molin, J. (2015). Adaptaciones culturales y económicas a cambios provocados por tala de mangle y deterioro pesquero en Mandinga, Veracruz. *Sociedades Rurales, Producción y Medio ambiente*. Año 2015 vol.15 núm 29
- Alongi, D.M. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management* 3(3):313-322.
- Alongi, D.M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annu.Rev. Mar. Sci.*6:195-219.
- Anneboina, L.R. y Kavi Kumar, K.S. (2017). Economic analysis of mangrove and marine fishery linkages in India. *Ecosystem Services*, Volume 24, Pages 114-123.
- Arulnayagam, A.; Khim, J.S.; Park, J. (2021). Floral and Faunal Diversity in Sri Lankan Mangrove Forests: A Systematic Review. *Sustainability* 13, 9487.
- Becerra, D. O., & Purizaga, K. E. (2015). El turismo rural comunitario como nueva alternativa para la asociación de extractores artesanales de recursos hidrobiológicos Nueva Esperanza Los Manglares - Tumbes (Tesis de licenciatura). *Repositorio de la Universidad Privada del Norte*.
- Beserra de Lima, N. G., and E. Galvani. (2013). Mangrove Microclimate: A Case Study from Southeastern Brazil. *Earth Interact.*, 17, 1–16,
- Beserra de Lima, N.G., Cunha-Lignon, M., Galvani, E. (2021). Microclimate análisis of mangroves in two distinct categories of protected áreas and conserved status. *Sociedades & Natureza*. 1-16
- Bimrah, K.; Dasgupta, R.; Hashimoto, S.; Saizen, I.; Dhyani, S. (2022) Ecosystem Services of Mangroves: A Systematic Review and Synthesis of Contemporary Scientific Literature. *Sustainability*, 14 pag.
- Boege, E. (2021). Acerca del concepto de diversidad y patrimonio biocultural de los pueblos originarios y comunidad equiparable Construyendo territorios de vida con autonomía y libre determinación. Puebla: BUAP, INAH. 182 p.

- Bojorges-Baños, J.L. (2011). Riqueza y diversidad de especies de aves asociadas a manglar en tres sistemas lagunares en la región costera de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 205-2015.
- Carrasquilla-Henao, M.; Ban, N.; Rueda, M.; Juanes, F. (2019). The mangrove-fishery relationship: A local ecological knowledge perspective, *Marine Policy*, Volume 108.
- Clough, B. (2013) Continuing the Journey Amongst Mangroves. ISME Mangrove Educational Book Series No. 1. International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), Okinawa, Japan, and International Tropical Timber Organization (ITTO), Yokohama, Japan. 100 p.
- Díaz-Gaxiola, J.M. (2012). Macroinvertebrados asociados a manglar como indicadores del impacto en el hábitat de las bahías de Ohuira y Topolobampo, Sinaloa, México. Tesis Doctoral. UAIM. 339 p.
- Eklom, A.; Shoemaker, A.; Gillson, L.; Lane, P.; Lindholm, K. (2019). J. Conservation through Biocultural Heritage—Examples from Sub-Saharan Africa. *Land*, 8, 1-15
- FAO. (2023). The world's mangroves 2000–2020. Rome. 80 p.
- Freitas, M. C. S. de; Minayo, M. C. de S.; Pena, P. G. L. & Santos, N. M. M. (2012). Un ambiente enfermo: significados de la contaminación industrial en Isla de Maré, Bahía, Brasil. *Desacatos*, (39), 73-88
- Gálvez, G., Pacheco, G., Ramírez, S. (2017). Valoración económica y cultural del ecosistema manglar en el Área de Uso Múltiple Río Sarstún. FUNDAECO. 68pp.
- Ginantra, K.; Muksin, I.; Joni, M.; & Wijaya, I. M. (2023). Diversity and distribution of crustaceans in the mangrove forest of Nusa Lembongan, Bali, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 24. 10.13057/biodiv/d240834.
- Glaser, M.; Krause, G.; Oliveira, R.S. and M. Fontalvo-Herazo. (2010). Mangroves and People: A Social-Ecological System. In: U. Saint-Paul and H. Schneider (eds.), *Mangrove Dynamics and Management in North Brazil*, Ecological Studies 211, DOI 10.1007/978-3-642-13457-9_21, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Gutting, R.; Syrbe, R.-U.; Grunewald, K.; Mehlig, U.; Helfer, V.; Zimmer, M. (2021). The Benefits of Combining Global and Local Data—A Showcase for Valuation and Mapping of Mangrove Climate Regulation and Food Provisioning Services within a Protected Area in Pará, North Brazil. *Land*, 10, 432.
- Hakim, L.; Siswanto, D.; y Nakagoshi, N. (2017). Mangrove conservation in East Java: The ecotourism development perspectives. *The Journal of Tropical Life Science*. Vol 7 No3 pp. 277-285
- Hendrarto, I. B., & Nitisuparjo, M. (2011). Biodiversity of benthic diatom and primary productivity of benthic micro-flora in mangrove forests on central Java. *Journal of Coastal Development*, 14(2), 131-140.

- Herranz-Muñoz, V., Phearoon, N., Furey, N.; Sopha, S.; Reaksmeay, S.; Chartier, G.; Det, S.; Vutthy, V.; Sinovas, P.; Chhuoy, S.; San, Ch. Glue, M.; Ra, Y.; Bun Ngor, P.; Holden, J.; Rog, S. (2024) Mangrove biodiversity survey report, Peam Krasop and Koh Kapik, Fauna & Flora and Fishing Cat Ecological Enterprise in collaboration with the Ministry of Environment of Cambodia. Phnom Penh, Cambodia. 118 p.
- IKI Alliance. (2022). Los manglares de la Angostura, Sinaloa y su rol en la acción climática y conservación. Recuperado de <https://iki-alliance.mx/los-manglares-de-la-angostura-sinaloa-y-su-rol-en-la-accion-climatica/>
- Jakovac, C.C.; Latawiec, A.E.; Lacerda, E.; Lucas, I.L.; Korys, K.A.; Iribarrem, A.; Abreu-Malagutti, G.; Turner, R.K.; Luisetti, T.; Neves-Strassburg, B.B. (2020). Costs and carbon benefits of mangrove conservation and restoration: A global análisis. *Ecological Economics* 176: 1-10
- Kallesøe, M. F., Bambaradeniya, C. N. B., Iftikhar, U. A., Ranasinghe, T. and S. Miththapala (2008). Linking Coastal Ecosystems and Human Well-Being: Learning from conceptual frameworks and empirical results. Colombo: Ecosystems and Livelihoods Group, Asia, IUCN. viii + 49 pp.
- Lakshmi, A. (2021). Coastal and ecosystem services and human wellbeing. *Indian J. Med. Res.* 153. Pp 382-387.
- López-Angarita, J.; Roberts, C.M.; Tilley, A.; Hawkins, J.P.; Cooke, R.G. (2016). Mangroves and people: lessons from a history of use and abuse in four Latin American countries. *Forest Ecology and Management* 368:151-162.
- Lufthfi, A. (2019). Religious consciousness in mangrove conservation efforts in the North Coast of Java. ICESI 2019, July 18-19, Semarang, Indonesia. DOI 10.4108/eai.18-7-2019.2290112.
- Mmom, P. C. and, Arokoya, S. B. (2010) Mangrove Forest Depletion, Biodiversity Loss and Traditional Resources Management Practices in the Niger Delta, Nigeria. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 2 (1), 28-34.
- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago 93 p.
- Polas, A. B., Topp, E., & Plieninger, T. (2024). Mapping landscape values and exploring sense of place in a threatened mangrove biodiversity hotspot: the Sundarbans delta, Bangladesh. *Ecosystems and People*, 20(1). 1-13.
- Pontón-Cevallos J., Ramírez-Valarezo N., Pozo-Cajas M., Rodríguez-Jácome G., Navarrete-Forero G., Moity N., Villa-Cox G., Ramírez-González J., Barragán-Paladines M.J., Bermúdez-Monsalve J.R. and Goethals P.L.M. (2022) Fishers' Local Ecological Knowledge to Support Mangrove Research in the Galapagos. *Front. Mar. Sci.* 9:1-19

- Quevedo, J.M.; Uchiyama, Y. y Kohsaka, R. (2020) Perceptions of local communities on mangrove forests, their services and management: implications for Eco-DRR and blue carbon management for Eastern Sama., *Philippines, Journal of Forest Research*, 25:1, 1-11, DOI: 10.1080/13416979.2019.1696441
- Ramadhani A, Ambarwati R., Gumilang R.S. (2022). Diversity and abundance of water birds in the mangrove area of south coast of Bangkalan, Madura Island, Indonesia. *Biodiversitas* 23: 3277-3284.
- Ramos Muñoz, D. E., Álvarez Gordillo, M. G., & Morales López, M. C. (2018). Sustentabilidad y patrimonio biocultural en la Reserva de la biosfera El Ocote. *Trace (México, DF)*, (74), 9-37.
- Ray, R., Jana, T.k. (2017). Carbon sequestration by mangrove forest: One approach for managing carbon dioxide emission from coal-based power plant, *Atmospheric Environment*, doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.10.019 1-29.
- Salampessy, M.L., Febryano, I.G., Martin, E.; Siahaya, M.E. y Papilaya, R. (2015). Cultural capital of the communities in the mangrove conservation in the coastal áreas of Ambon Dalam Bay, Moluccas, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences* 23. 222-229
- Salazar-Cervantes, R.R. y Díaz Gaxiola, J.M. (2019). Análisis espacial de la comunidad de manglar y su biodiversidad en la zona Topolobampo-Maviri, Sinaloa. 31-56. In: Romanillo-Quintero, A.L.; Rodríguez-Apodaca, J.R. y Ibarra-Ceceña, M.G (Editor). Estudios del bosque de manglar. Universidad Autónoma Indígena de México.177 p.
- Sarakhan, N. (2014). The environment education model for sustainable mangrove forest management in the Eastern part of Thailand. *App. Envi.Res.* 36(4): 29-40
- Semarnat. (2003). NOM-022-SEMARNAT-2003: Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Ciudad de México.
- Semarnat. (2010). NOM-059-SEMARNAT-2010: Que establece las especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Ciudad de México.
- Siddq, A.M.; Wimbaningrum, R.; Sulistiyowati, H.; Setiawan, R.; Febrianti, S.D.; Nur Sabila, F.S. (2023). The diversity of birds in mangrove forest at biosite Pangpang Bay, Ijen Geopark. *Life Science and Biotechnology* 1:2, 52-58.
- Tengku Hashim, T.M.Z., Suratman, M.N. (2021). Mangroves as a Carbon Sink/Stocks. In: Rastogi, R.P., Phulwaria, M., Gupta, D.K. (eds) *Mangroves: Ecology, Biodiversity and Management*. Springer, Singapore.

- Torres V., Jony R., Infante-Mata, D., Sánchez, Alberto J., Espinoza-Tenorio, A., & Barba, E. (2018). Degradación de hojarasca y aporte de nutrientes del manglar en la Laguna Mecoacán, Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 892-907
- Valenzuela, H.Y.; Bacalso, A.D.; Gano, C.B.; Pilonés, K.D.; Picardal, J.P. (2013). The species composition and associated flora and fauna of the mangroves forest in Badian, Cebu Island, Philippines. *IAMURE International Journal of Animal Ecology*. Vol. 1:1-23

CAMINANDO ENTRE PLÁSTICOS: LA DOBLE CARA DE LA INNOVACIÓN Y EL DESASTRE AMBIENTAL

Jesús Manuel Díaz Gaxiola

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis

jesus.dg@mochis.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6691-9410>

María Elena Alcorcha Miranda

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis

<https://orcid.org/0009-0001-7214-9598>

Arely Archuleta Torres

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis

<https://orcid.org/0009-0009-2703-1732>

Elideé del Carmen Castro Estrada

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis

<https://orcid.org/0009-0002-2869-9303>

RESUMEN

Los plásticos, materiales sintéticos derivados de polímeros, se han convertido en elementos omnipresentes en la vida moderna debido a su ligereza, resistencia, versatilidad y bajo costo. Su desarrollo revolucionó distintas industrias, desde la construcción hasta la medicina. Sin embargo, esta innovación tecnológica también ha traído un considerable impacto negativo en los ecosistemas, que hoy enfrenta una crisis sin precedentes por la contaminación plástica, especialmente con microplásticos que afectan la salud ambiental y humana. Este análisis sintetiza los principales aspectos de la problemática plástica, beneficios, impactos, alternativas e innovaciones, para comprender el complejo balance entre la utilidad y los desafíos ambientales.

Palabras clave: Plásticos, contaminación, innovación, balance.

ABSTRACT

Plastics, synthetic materials derived from polymers, have become ubiquitous elements in modern life due to their lightness, strength, versatility, and low cost. Their development has revolutionized various industries, from construction to medicine. However, this technological innovation has also had a considerable negative impact on ecosystems, which today face an unprecedented crisis due to plastic pollution, especially microplastics that affect environmental and human health. This analysis summarizes the main aspects of the plastics problem—benefits, impacts,

alternatives, and innovations—to understand the complex balance between utility and environmental challenges.

Keywords: Plastics, pollution, innovation, balance.

1. INTRODUCCIÓN

Los plásticos son materiales sintéticos formados por largas cadenas de polímeros, que se obtienen mediante la unión de pequeñas moléculas llamadas monómeros (Baker y Mead, 2004; Pretorius, 2024). Gracias a su versatilidad, ligereza, durabilidad y resistencia a la corrosión, se han convertido en materiales esenciales en la industria moderna y en la vida diaria (Mecyplastec, 2025). Los plásticos pueden moldearse en diversas formas y tamaños mediante procesos como moldeo, extrusión e inyección, lo que los hace aptos para multitud de aplicaciones (Meira y Gugliotta, 2019).

Generalmente, se clasifican en dos categorías principales según su comportamiento frente al calor: los termoplásticos y los termoestables (PlasticsEurope, 2018). Los termoplásticos se ablandan al calentarse y pueden moldearse repetidamente sin perder sus propiedades, lo que facilita su reciclaje (Meira y Gugliotta, 2019). Ejemplos comunes incluyen el polietileno, polipropileno y PVC. Por otro lado, los termoestables sólo pueden moldearse una vez, ya que al calentarse nuevamente no se ablandan, sino que se queman, debido a que durante su curado forman enlaces covalentes permanentes que estabilizan su estructura (PlasticsEurope, 2018; Meira y Gugliotta, 2019). Ejemplos relevantes son la resina epoxi y la baquelita.

Además, existen otras clasificaciones según su origen y propiedades: los plásticos de origen petroquímico, como polietileno, polipropileno, poliestireno y PVC, son los más utilizados en envases, construcción y productos de consumo (Dennis, 2024). Los plásticos de ingeniería, como el policarbonato, nylon y poliéster, se emplean en aplicaciones que requieren alta resistencia y durabilidad, como la electrónica y la automoción (Schächtele, 2020). Los plásticos biodegradables, como el ácido poliláctico (PLA) y el polihidroxibutirato (PHB), se desarrollan a partir de recursos renovables (Musini et al, 2020; Coppola et al, 2021) y se descomponen en el ambiente, siendo una alternativa sostenible (UNAM Ciencia, 2024). Asimismo, los plásticos compuestos combinan polímeros con fibras de carbono o vidrio para mejorar propiedades específicas, y los elastómeros presentan propiedades elásticas similares al caucho, siendo usados en neumáticos, selladores y productos flexibles (Universidad de Burgos, 2020). Esta variedad de plásticos permite su adaptación a una amplia gama de usos, desde productos desechables hasta componentes de alta ingeniería, mostrando la enorme diversidad y funcionalidad de estos materiales en nuestra sociedad (Dennis, 2024).

En esta revisión se busca sintetizar los aspectos clave del desarrollo, uso y manejo de los plásticos: desde su historia e innovación tecnológica, hasta sus aplicaciones

en la vida diaria y su impacto económico. Exponer la dualidad entre los beneficios que han aportado al progreso industrial, la salud y la eficiencia energética, frente a los riesgos y daños ocasionados, especialmente en lo ambiental y en la salud humana, con énfasis en problemas como la contaminación por microplásticos y residuos. Refleja la urgencia de una gestión responsable, resaltando la importancia de adoptar alternativas sostenibles, fortalecer la economía circular, innovar en bioplásticos y mejorar las políticas públicas y la educación ambiental. Ofrecer recomendaciones prácticas para la industria, política y sociedad civil, encaminadas a reducir el impacto negativo de los plásticos, fomentar la investigación en nuevos materiales y promover colaboraciones multisectoriales para soluciones integrales.

Breve Historia de la Innovación en Plásticos y su Adopción en la Sociedad.

La historia de los plásticos es un recorrido marcado por innovaciones fundamentales que revolucionaron la manufactura y el uso de materiales desde el siglo XIX hasta la actualidad. Los inicios se remontan a 1862 con Alexander Parkes, quien presentó la Parkesina, un material moldeable derivado de celulosa, dando pie a los primeros plásticos sintéticos (Schächtele, 2020). Posteriormente, en 1869, John Wesley Hyatt perfeccionó estos procesos, creando el celuloide (Dennis, 2024), que se empleó en productos como botones y peines.

En el siglo XX, el verdadero avance llegó con Leo Baekeland, quien en 1907 inventó la baquelita, el primer plástico totalmente sintético termoestable y comercialmente exitoso (Schächtele, 2020), famoso por su resistencia al calor y su versatilidad en aplicaciones eléctricas y utensilios. Entre las décadas de 1920 y 1960 se expandió la producción con la aparición de plásticos como el polietileno, polipropileno y policloruro de vinilo (PVC), que se popularizaron en la construcción, embalajes y productos de consumo (Chalmin, 2019). La Segunda Guerra Mundial impulsó el uso de plásticos en equipamientos militares (Dennis, 2024) y aeronáuticos. En la posguerra, su uso masivo se consolidó en juguetes, electrodomésticos y envases, favorecido por técnicas como el moldeo por inyección y extrusión.

Entre 1970 y 1990, el bajo costo y la utilidad de los plásticos los hicieron dominantes (Dennis, 2024), pero también surgieron preocupaciones ambientales por la contaminación y el impacto ecológico, lo que impulsó movimientos de conservación, el reciclaje y el desarrollo inicial de bioplásticos, como el ácido poliláctico (PLA) (Industria Química, 2025; PT México, 2025). Hoy en día, en el siglo XXI, la innovación continúa enfocándose en crear plásticos más amigables con el medio ambiente, mejorando procesos de reciclaje y promoviendo la economía circular (Industria Química, 2025). A su vez, la creciente conciencia social y regulatoria está cambiando las preferencias hacia productos sostenibles, reciclables y hechos con materiales alternativos, obligando a la industria a innovar y adaptarse a estos nuevos desafíos (British Plastics Federation, 2018).

Usos y aplicaciones de los plásticos en la vida diaria.

En el hogar y supermercado, se usan ampliamente en envases y contenedores (Schweitzer, et al, 2018) como botellas de agua (polietileno y PET), recipientes para alimentos (polipropileno), y envases alimenticios (PVC, poliestireno). También forman parte de utensilios y artículos de cocina, incluidos espátulas y cucharas (nylon, polipropileno), platos y cubiertos desechables (polipropileno, poliestireno), y utensilios más duraderos como tazas y boles de plástico de alta densidad (Plastics Recyclers Europe, 2020). Otros usos domésticos incluyen muebles de plástico, cortinas de ducha de vinilo, juguetes infantiles (ABS, polipropileno), además de productos de baño y almacenamiento.

En la industria, los plásticos se emplean en empaque y embalaje (Dokl et al, 2024) (películas de polietileno, PVC), componentes automotrices (Plastics Recyclers Europe, 2020) (tableros, paneles con ABS y polipropileno), piezas de maquinaria (nylon, poliéster), sistemas tubulares y eléctricos (PVC, polietileno), además de carcasas para dispositivos electrónicos (ABS, polipropileno) (RapidDirect, 2022).

En medicina, los plásticos tienen un papel indispensable en instrumental como jeringas desechables (polipropileno), dispositivos de monitoreo (PVC, poliestireno), catéteres (polietileno, silicona), así como envases farmacéuticos (PET, polipropileno). Además, forman parte de equipos de protección personal como guantes (poliisopreno, nitrilo) y mascarillas (polipropileno) (Dokl et al, 2024), así como de dispositivos ortopédicos biodegradables e implantes biocompatibles. Esta amplia variedad de aplicaciones muestra cómo los plásticos, por su resistencia, ligereza, adaptabilidad y bajo costo, son materiales esenciales que acompañan y facilitan actividades cotidianas, producción industrial (Plastics Recyclers Europe, 2020) y avances médicos.

Beneficios de los plásticos.

Los plásticos son materiales económicos debido a la abundancia de materias primas y la eficiencia de su producción masiva, lo que reduce costos unitarios y facilita el transporte (Oceana, 2024) por su bajo peso. Su versatilidad es notable, permitiendo la fabricación de múltiples productos con variadas propiedades adaptadas a necesidades específicas (Baker & Mead, 2004), desde envases hasta dispositivos médicos. Además, son duraderos, resistentes a la corrosión, ligeros y requieren poco mantenimiento, características que los hacen ideales para diversas aplicaciones industriales y comerciales. Su disponibilidad global y la infraestructura desarrollada garantizan un suministro constante, consolidando al plástico como una opción rentable, adaptable y accesible para la sociedad y la industria.

Impacto positivo en la salud y eficiencia energética.

Los plásticos aportan impactos muy positivos en salud y eficiencia energética, destacando especialmente en aplicaciones médicas y tecnológicas sostenibles.

En salud, los plásticos como polipropileno y polietileno son esenciales en dispositivos desechables (jeringas, catéteres) que garantizan la esterilidad y

reducen riesgos de contaminación (SpecialChem, 2025). Existen plásticos biocompatibles (Fattah-alhosseini, et al, 2024). utilizados en implantes y prótesis que minimizan reacciones adversas. Además, los plásticos son fundamentales en elementos de diagnóstico clínico como tubos de ensayo y placas de Petri, haciendo accesibles pruebas de salud a bajo costo. También se emplean en sistemas de infusión y transfusión, asegurando seguridad y eficiencia en la administración de medicamentos (SpecialChem, 2025). En embalajes farmacéuticos, protegen la estabilidad de los productos, mientras que en equipos de protección personal (guantes, mascarillas, batas) forman barreras contra patógenos (Aragaw, 2020). En eficiencia energética, los plásticos contribuyen en aislamiento térmico de edificios, ayudando a mantener temperaturas estables y reducir consumo energético (SpecialChem, 2025). Los marcos de ventanas de PVC mejoran el aislamiento y reducen fugas de aire. En transporte, la ligereza de plásticos empleados en vehículos y aviones (RapidDirect, 2022) reduce peso, consumo de combustible y emisiones contaminantes. Los plásticos también permiten embalajes livianos y resistentes, optimizando logística y uso de recursos (Pretorius, 2024). Finalmente, en energías renovables, los materiales plásticos son vitales como encapsulantes en paneles solares y en las aspas de aerogeneradores, maximizando la generación limpia de energía (Condale Plastics Ltd, 2025).

El lado B de los plásticos.

Los plásticos son esenciales para la salud pública, sostenibilidad y eficiencia energética, especialmente en medicina, pero presentan riesgos como reacciones alérgicas, liberación de sustancias tóxicas (Sait et al, 2021) degradación inadecuada, contaminación por materiales reciclados y dificultades en procedimientos médicos. Además, los residuos plásticos médicos contribuyen a la contaminación ambiental y la generación de microplásticos (Aragaw,2020), afectando tanto a ecosistemas como a la salud humana (Sait et al, 2021).

La contaminación plástica es un grave problema ambiental en océanos y tierra. Los desechos plásticos dañan la fauna marina (Oceana, 2024) y terrestre por asfixia, enredos e ingestión, provocando malnutrición y acumulación de toxinas que afectan la cadena alimentaria y la salud humana (Stoett, et al, 2024). En tierra, los plásticos degradan la calidad del suelo y contaminan recursos hídricos, afectando ecosistemas (Aragaw, 2020) y suministros de agua potable.

Los microplásticos, partículas menores a 5 mm, provienen de la fragmentación de plásticos mayores y de productos fabricados intencionalmente pequeños, como exfoliantes y fibras sintéticas (Sait, 2021). Se distribuyen en océanos y sus sedimentos (Romero-Luna, 2023 y Flores-Manzanarez, 2025), suelos, ríos y atmósfera, causando daño físico a organismos, bioacumulación de contaminantes y alteración de hábitats. En humanos, se ingieren a través de alimentos contaminados y se inhalan, pudiendo causar toxicidad (Sait, 2021), inflamación, y afectar sistemas endocrino e inmunológico (Barra et al, 2018).

Economía del plástico

La economía del plástico es un motor clave a nivel global, generando millones de empleos en producción, fabricación (Barra et al, 2018) y reciclaje, además de ser fundamental en sectores estratégicos como construcción, automotriz, electrónica y médico (British Plastics Federation, 2018). Sin embargo, enfrenta desafíos importantes por la contaminación plástica y la gestión inadecuada de residuos (British Plastics Federation, 2018), que generan costos ambientales y sociales y requieren una transición hacia una economía circular basada en reciclaje, reutilización y reducción de plásticos vírgenes.

La gestión sostenible de residuos plásticos incluye estrategias como la reducción y prevención mediante diseño sostenible (British Plastics Federation, 2024). y educación pública (van Oosterhout, 2023); la mejora en recolección y reciclaje con infraestructura adecuada y tecnologías avanzadas; innovación tecnológica en reciclaje químico (Martínez-Narro, Hassan, Phan, 2024), bioplásticos (Musini et al, 2020; Coppola et al, 2021) y etiquetado inteligente; y políticas y regulaciones para limitar plásticos de un solo uso y fomentar prácticas responsables (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2023), apoyadas por educación ambiental y participación comunitaria.

Actualmente, la mayoría del plástico proviene de resinas vírgenes (Barra et al, 2018), con bajas tasas de reciclaje que varían según el tipo de plástico. Avances en reciclaje, economía circular (Andanje et al, 2023) y modelos de negocio innovadores impulsan una gestión más eficiente y sostenible del plástico (Martínez-Narro, Hassan, Phan, 2024). No obstante, la infraestructura y la demanda insuficientes, así como la falta de separación adecuada, limitan el reciclaje efectivo, especialmente en países en desarrollo y zonas rurales.

Como alternativas sostenibles, surgen bioplásticos biodegradables y compostables basados en polímeros naturales (Musini et al, 2020; Coppola et al, 2021) o producidos por tecnologías innovadoras como impresión 3D (Alshehhi, et al, 2024; Andanje et al, 2023), con certificaciones que garantizan su compostabilidad (Coppola, 2021). A la par, políticas gubernamentales aplican prohibiciones, impuestos y regulaciones para reducir el uso excesivo y fomentar la reutilización y reciclaje (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2023). Los consumidores juegan un papel crucial mediante la educación (British Plastics Federation, 2018), cambios en hábitos de compra, participación en movimientos ambientales, apoyo a empresas sostenibles y prácticas adecuadas de reciclaje y compostaje, junto con el uso de redes sociales para difundir conciencia (Rhein y Schmid, 2020). Estas acciones alineadas pueden potenciar la economía circular del plástico (Ali, et al, 2023), proteger el medio ambiente y fomentar un desarrollo económico y social equilibrado.

La prohibición de bolsas y plásticos de un solo uso en supermercados de México representa un avance importante en la lucha contra la contaminación ambiental

(UNMéxico, 2025); sin embargo, su efectividad se ve opacada por la contradicción que implica que estos mismos supermercados sigan vendiendo grandes cantidades de productos con contenido plástico. Esta doble política genera una aparente incoherencia que limita los beneficios ambientales de la restricción. Por un lado, la prohibición busca reducir el uso indiscriminado de plásticos desechables y fomentar alternativas más sostenibles (UNMéxico, 2025), lo cual es positivo frente al grave problema de contaminación por plástico que afecta ecosistemas y salud pública (Dennis, 2024). Sin embargo, la permanencia de productos excesivamente empacados en plástico dentro de los mismos establecimientos hace que los consumidores continúen adquiriendo cantidades elevadas de plástico indirectamente, manteniendo altas tasas de generación de residuos plásticos.

Además, esta situación dificulta el cambio cultural necesario en hábitos de consumo (van Oosterhout, 2023), pues la medida es parcial y puede generar confusión o apatía en la ciudadanía al ver que, si bien no reciben bolsas plásticas en la caja, adquieren en abundancia productos envueltos en plástico. Esto también afecta la percepción de responsabilidad empresarial y pública, mostrando una falta de compromiso integral con la sostenibilidad. Para que las prohibiciones sean realmente efectivas, es vital que las estrategias sean coherentes y acompañadas de regulaciones que incentiven a supermercados y fabricantes a reducir el uso de empaques plásticos y apostar por alternativas biodegradables, reutilizables y reciclables (British Plastics Federation, 2024). Asimismo, es fundamental fortalecer la educación ambiental y promover incentivos para que los consumidores puedan adoptar prácticas responsables de compra y manejo de residuos (Ertz et al, 2023). Con lo anterior, la prohibición parcial de plásticos en supermercados es un paso necesario, pero insuficiente si no se acompaña de políticas integrales y un compromiso real de todos los actores para minimizar el consumo plástico total y avanzar hacia una economía circular efectiva. La contradicción entre lo prohibido y lo permitido en el mismo espacio comercial constituye un obstáculo para el logro de las metas ambientales y sociales propuestas.

El futuro del plástico y el camino hacia la sostenibilidad

La investigación en plásticos avanzados y sostenibles se intensifica con enfoques clave:

Bioplásticos: Se producen a partir de recursos renovables como almidón, celulosa, aceites vegetales y residuos agrícolas (Ali, et al, 2023). Se trabaja en mejorar propiedades mecánicas y térmicas para aplicaciones variadas, asegurando biodegradabilidad y compostabilidad para minimizar impacto ambiental. Ejemplos prominentes incluyen ácido poliláctico (PLA) y polihidroxialcanoatos (PHA) (Coppola, et al, 2021). Innovaciones incluyen bioplásticos derivados de algas (Andanje et al, 2023) y cianobacterias como espirulina (Chalermthai et al, 2024).

Plásticos reciclados: Avances en reciclaje mecánico y químico permiten reutilizar plásticos en nuevos productos con calidad comparable a los vírgenes. Se promueve

diseño para facilitar reciclabilidad y sistemas de ciclo cerrado (British Plastics Federation, 2024).

Plásticos biodegradables y compostables: Incluyen polímeros sintéticos diseñados para degradarse naturalmente (Veena y Rani, 2022) sin residuos dañinos y plásticos incorporando fibras naturales y algas (Andanje et al, 2023), sustituyendo a los petroquímicos.

Polímeros inteligentes: Materiales que cambian propiedades o forma según el entorno (temperatura, pH, luz) (Brighenti, Li y Vernerey, 2020) y plásticos con sensores integrados para monitorear calidad o condiciones, innovando en empaques y aplicaciones médicas (Fattah-alhosseini, 2024)

Materiales compuestos: Incorporan fibras naturales (Veena y Rani, 2022) o minerales para mejorar resistencia y sostenibilidad (Coppola, et al, 2021), reduciendo dependencia de plásticos convencionales.

Innovaciones en fabricación: Uso creciente de impresión 3D (Andanje et al, 2023) con bioplásticos reciclables o biodegradables, métodos más eficientes y limpios para reducir consumo energético y generación de desechos (Coppola, et al, 2021).

Evaluación del ciclo de vida: Estudios comparan impactos ambientales de bioplásticos, plásticos convencionales y reciclados, informando sobre opciones más sostenibles (Ali, et al, 2023) y su influencia en medio ambiente y salud (Veena y Rani, 2022).

2. CONCLUSIONES

Los plásticos son materiales esenciales en la vida diaria y la industria por su versatilidad y bajo costo, pero su impacto ambiental exige una gestión sostenible. Es vital avanzar hacia una economía circular que reduzca plásticos vírgenes, fomente reciclaje, reutilización y desarrollo de bioplásticos para minimizar la contaminación y proteger ecosistemas. Mejorar la infraestructura de reciclaje requiere inversión tecnológica, educación ambiental para consumidores y productores y políticas claras. Los consumidores juegan un rol clave con decisiones informadas y hábitos responsables. La innovación en bioplásticos, reciclaje químico y polímeros inteligentes es fundamental, junto con evaluaciones de ciclo de vida. Las políticas públicas deben fortalecer prohibiciones a plásticos de un solo uso, impuestos, mandatos de contenido reciclado y educación para promover una cultura sostenible.

3. REFERENCIAS

Ali, S.S.; Abdelkarim, E.A.; Elsamahy, T.; Al-Tohamy, R.; Li, F.; Kornaros, M.; Zuorro, A.; Zhu, D.; Sun, J. (2023). Bioplastic production in terms of life cycle assessment: A state-of-the-art review, *Environmental Science and Ecotechnology*, Volume 15. <https://doi.org/10.1016/j.es.2023.100254>.

- Alshehhi, J. R. M. H., Wanasingha, N., Balu, R., Mata, J., Shah, K., Dutta, N. K., & Choudhury, N. R. (2024). 3D-Printable Sustainable Bioplastics from Gluten and Keratin. *Gels*, 10(2), 136. <https://doi.org/10.3390/gels10020136>.
- Andanje, M.N.; Mwangi, J.W.; Mose, B.R.; Carrara, S. (2023). Biocompatible and Biodegradable 3D Printing from Bioplastics: A Review. *Polymers*, 15, 2355. <https://doi.org/10.3390/polym15102355>.
- Aragaw, T.A. (2020). Surgical face masks as a potential source for microplastic pollution in the COVID-19 scenario. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 159. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111517>.
- Baker, M, A.M. & Mead, J. (2004). Thermoplastics. In: Harper, Ch.A. Handbook of plastics, elastomers & composites. Four edition, McGrawHill. 759 p.
- Barra, R, y Leonard, S.A.; Whaley, C.; Bierbaum, R. (2018). Plastics and the circular economy. Scientific and Technical Advisory Panel to the Global Environment Facility. Washington, DC.
- Brighenti R., Li Y. and Vernerey F.J. (2020) Smart Polymers for Advanced Applications: A Mechanical Perspective Review. *Front. Mater.* 7:196. doi: 10.3389/fmats.2020.00196
- British Plastics Federation. (2018). Plastics: A Vision for a Circular Economy. Improving the environment for the next generation. London. 28 p.
- British Plastics Federation. (2024). Recycling Roadmap. Second edition. British Plastics Federation-Recoup. London. 16 p.
- Chalermthai, B.; Nootong, K.; Olsen, B.D.; Assabumrungrat, S.; Charoensuppanimit, P. (2024). Cradle-to-gate life cycle assessment of *Spirulina* bioplastic produced via plasticization with glycerol, *Environmental Research*, Volume 251, Part 1. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118622>.
- Chalmin, P. (2019). The history of plastics: from the Capitol to the Tarpeian Rock, *Field Actions Science Reports* [Online], Special Issue 19 Online since 01 March 2019, connection on 15 October 2019. URL: <http://journals.openedition.org/factsreports/5071>.
- Condale Plastics Ltd. (2025). Plastic Extrusions in Renewable Energy. <https://www.condaleplastics.com/applications/plastic-extrusions-in-renewable-energy/>
- Coppola, G.; Gaudio, M.T.; Lopresto, C.G.; Calabro, V.; Curcio, S. y Chakraborty, S. (2021). Bioplastic from Renewable Biomass: A Facile Solution for a Greener Environment. *Earth Systems and Environment* 5:231–251. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00208-7>
- Dennis, L. (2024). A brief history of the use of plastics. *Cambridge Prisms: Plastics*, 2, e19, 1–7. <https://doi.org/10.1017/plc.2024.17>.

- Dokl, M.; Copot, A.; Krajnc, D.; Van Fan Y., Vujanović, A.; Aviso, K.B.; Tan, R.R.; Kravanja, Z.; Čuček, L. (2024). Global projections of plastic use, end-of-life fate and potential changes in consumption, reduction, recycling and replacement with bioplastics to 2050, *Sustainable Production and Consumption*, Volume 51. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.09.025>.
- Ertz, M., Addar, W., Ouerghemmi, C., & Takaffoli, M. (2023). Overview of factors influencing consumer engagement with plastic recycling. *WIREs Energy and Environment*, 12(6), e493. <https://doi.org/10.1002/wene.493>
- Fattah-alhosseini, A.; Chaharmahali, R.; Alizad S.; Kaseem, M.; Dikici, B. (2024). A review of smart polymeric materials: Recent developments and prospects for medicine applications, *Hybrid Advances*, Volume 5, 1-11 <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2024.100178>.
- Flores-Manzanarez, G.S. (2025). Presencia de microplásticos en sedimentos del sistema lagunar de Topolobampo, Sinaloa, México. Informe de Residencia Profesional. Instituto Tecnológico de Los Mochis, Sinaloa. 51 p.
- Industria Química. (2025, 16 de marzo). Plásticos sostenibles: innovaciones y desafíos en la industria química española. <https://www.industriaquimica.es/articulos/20250317/plasticos-sostenibles-innovaciones-desafios-en-industria-quimica-espanola>.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [LGPGIR]. Reformada. Diario Oficial de la Federación [D.O..F]. 8 de mayo de 2023, (México).
- Martínez-Narro, G.; Hassan, S.; Phan, A.N. (2024). Chemical recycling of plastic waste for sustainable polymer manufacturing – A critical review, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Volume 12, Issue 2. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.112323>.
- Mecyplastec. (2025). Ventajas de los plásticos técnicos frente a otros materiales: la elección ideal en la industria. <https://mecyplastec.es/ventajas-de-los-plasticos-tecnicos-frente-a-otros-materiales-la-eleccion-ideal-en-la-industria/>
- Meira, G. y Gugliota, L. (2019). Polímeros. Introducción a su caracterización y a la ingeniería de la polimerización. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina, 1 Edición. 85 p.
- Musini, A.; Sucharitha, A.; Keerthana, L.; Zahoorullah. S., y Bastipati, S.B. (2020). Production of Bioplastic from the Plant Biomass. *Journal of Scientific Research*, Volume 64, Issue 3. 79-83
- Oceana. (2024). Amazon's United States of Plastic The e-commerce giant's plastic packaging problema persists in the US, its largest and home market. https://oceana.org/wp-content/uploads/sites/18/2024/04/Amazons-United-States-of-Plastic-Oceana-Report-April-2024_reducedsize.pdf. 22 p.
- Plastics Recyclers Europe, (2020). Hdpe & pp market in Europe state of play. Production, collection and recycling data. Eunomia. Brusels, Belgium. 52 p.

- Plastics Europe. (2018). *Plastics – the Facts 2017 An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Association of Plastics Manufactures. Brussels, Belgium. 44 p.
- Pretorius, A. (2024). *African resource Book: A guide to plastics*. Sustainable Seas Trust (SST). 24 p.
- PT México. (2025, 2 de septiembre). *PLA y sustentabilidad: métodos para su reciclaje*. <https://www.pt-mexico.com/articulos/pla-y-sustentabilidad-metodos-para-su-reciclaje>.
- Rapid Direct. (2022). *Plastic materials. WhitePaper. Plastic materials for manufacturing*. Shenzhen, China. 83 p.
- Rhein, S. y Schmid, M. (2020). *Consumers' awareness of plastic packaging: More than just environmental concerns*. *Resources, Conservation and Recycling*. Volume 162. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105063>.
- Romero-Luna, D.P. (2023). *Determinación de la presencia de microplásticos en la playa de El Maviri, Los Mochis, Sinaloa*. Informe de Residencia Profesional. Instituto Tecnológico de Los Mochis, Sinaloa. 66p.
- Sait, S.T.L.; Sørensen, L.; Kubowicz, S.; Vike-Jonas, K.; Gonzalez, S.V.; Asimakopoulos, A.G.; Booth, A.M. (2021). *Microplastic fibres from synthetic textiles: Environmental degradation and additive chemical content*, *Environmental Pollution*, Volume 268. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115745>.
- Schächtele, K. (2020). *Atlas del plástico. Datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos*. Fundación Heinrich Böll y el movimiento Break Free From Plastic. Ciudad de México. 58 p.
- Schweitzer, J.P.; Gionfra, S.; Pantzar, M.; Mottershead, D.; Watkins, E.; Petsinaris, F.; ten Brink, P.; Ptak, E.; Lacey C.; and Janssens, C. (2018) *Unwrapped: How throwaway plastic is failing to solve Europe's food waste problem (and what we need to do instead)*. Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels. A study by Zero Waste Europe and Friends of the Earth Europe for the Rethink Plastic Alliance. 28 p.
- SpecialChem. (2025). *Decoding Medical-grade Plastics: Exploration & Selection* <https://www.specialchem.com/plastics/guide/medical-grade-plastics>.
- Stoett, P.; Scrich, V.M.; Elliff, C.I.; Andrade, M.M.; Grilli, N. de M.; Turra, A. (2024). *Global plastic pollution, sustainable development, and plastic justice*, *World Development*, Volume 184. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.106756>.
- Universidad de Burgos. (2020, 28 de julio). *Historia y evolución de los plásticos*. <https://historiamateriales.ubuinvestiga.es/plasticos/>.
- Universidad Nacional Autónoma de México, Ciencia. (2024, 7 de noviembre). *Panorama de la crisis de contaminación plástica y los plásticos biodegradables*. <https://ciencia.unam.mx/leer/1543/panorama-de-la-crisis-de-contaminacion-plastica-y-los-plasticos-biodegradables>.

- UNMéxico. (2025). Adiós a las bolsas de plástico en CDMX. <https://mexico.un.org/es/159858-adi%C3%B3s-las-bolsas-de-pl%C3%A1stico-en-cdmx>
- Veena, S. y Rani, M. E. (2022). Bioplastics from banana peels and biodegradation by micro organisms. International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT). Volume 10, Issue 8. 217-224.

LA IMPORTANCIA DEL SUELO EN EL PATRIMONIO BIOCULTURAL: CONECTANDO LA BIODIVERSIDAD CON LA SOSTENIBILIDAD

Jesús Manuel Díaz Gaxiola

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis
jesus.dg@mochis.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6691-9410>

Rosario Bianey Armenta Arredondo

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis
rosario.aa@mochis.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0008-1660-1843>

Juana Meliza Gutiérrez Ayala

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis
juana.ga@mochis.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0004-6717-503X>

RESUMEN

El suelo es un recurso invaluable que conecta la biodiversidad con la sostenibilidad y la cultura, formando parte esencial del patrimonio biocultural. Más allá de ser un soporte para el crecimiento vegetal, el suelo alberga una gran diversidad de organismos y sustenta tradiciones ancestrales y conocimientos locales, vitales para promover la conservación y el manejo sostenible de los ecosistemas. Su cuidado contribuye a múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluyendo la seguridad alimentaria, la calidad del agua, la mitigación del cambio climático y la protección de la biodiversidad terrestre y marina. La biodiversidad del suelo es clave para la fertilidad, filtración y purificación del agua, los ciclos biogeoquímicos y el almacenamiento de carbono, además de proveer hábitats para numerosos organismos. La pérdida de biodiversidad edáfica afecta la productividad agrícola, la salud de los ecosistemas y la resiliencia frente a perturbaciones. La contaminación, degradación y deforestación son amenazas graves que impactan negativamente en la salud del suelo y su capacidad para sostener vida. El conocimiento tradicional de las comunidades locales sobre el suelo, integrado con la ciencia moderna, permite promover sistemas agrícolas sostenibles, conservación de la biodiversidad y restauración ecológica. El suelo también es fundamental en la diversidad cultural, influyendo en la alimentación, las artes, la construcción y la identidad comunitaria. Por ello, la gestión sostenible del suelo es crucial para preservar la biodiversidad, fortalecer la seguridad alimentaria y fomentar sociedades resilientes y ambientalmente responsables. Este enfoque integral es indispensable para enfrentar los retos ambientales actuales y futuros.

Palabras Clave: Suelo, Biodiversidad, Patrimonio biocultural, Gestión sostenible.

ABSTRACT

Soil is an invaluable resource that connects biodiversity with sustainability and culture, forming an essential part of biocultural heritage. Beyond supporting plant growth, soil is home to a vast diversity of organisms and sustains ancestral traditions and local knowledge, vital for promoting the conservation and sustainable management of ecosystems. Soil care contributes to multiple Sustainable Development Goals, including food security, water quality, climate change mitigation, and the protection of terrestrial and marine biodiversity. Soil biodiversity is key to water fertility, filtration and purification, biogeochemical cycles, and carbon storage, in addition to providing habitats for numerous organisms. The loss of soil biodiversity affects agricultural productivity, ecosystem health, and resilience to disturbances. Pollution, degradation, and deforestation are serious threats that negatively impact soil health and its capacity to sustain life. Traditional soil knowledge of local communities, integrated with modern science, helps promote sustainable agricultural systems, biodiversity conservation, and ecological restoration. Soil is also fundamental to cultural diversity, influencing food, the arts, construction, and community identity. Therefore, sustainable soil management is crucial for preserving biodiversity, strengthening food security, and fostering resilient and environmentally responsible societies. This comprehensive approach is essential for addressing current and future environmental challenges.

Keywords: Soil, Biodiversity, Biocultural Heritage, Sustainable Management.

1. INTRODUCCIÓN.

El suelo es un tesoro invaluable que alberga la riqueza de la biodiversidad (Brussaard, 1997; Thakur et al, 2020; Anthony, Franz Bender y van der Heijden, 2023) y sustenta la diversidad de culturas (Landa y Feller, 2010) en todo el mundo. En la intersección de la naturaleza y la sociedad, el suelo desempeña un papel fundamental en la preservación del patrimonio biocultural, conectando la biodiversidad (Fitter et al, 2005) con la sostenibilidad. La importancia del suelo va más allá de su función como medio para el crecimiento de las plantas (Hofman y Van Cleemput, 2004; Jianbo, 2011); es un pilar central en la interacción entre los ecosistemas naturales y las tradiciones culturales arraigadas en el conocimiento ancestral (Ansong Omari, 2018; Brondizio et al, 2021). Este vínculo vital entre el suelo, la biodiversidad (Nielsen et al, 2010), las prácticas culturales milenarias son esencial para comprender la relación simbiótica entre la humanidad y la naturaleza, así como para promover la conservación de la diversidad biológica y cultural (Nemogá, 2016) en un mundo que enfrenta desafíos ambientales sin precedentes (Gavrilescu, 2021). En este contexto, explorar la importancia del suelo en el patrimonio biocultural se revela como un tema crucial para entender y abogar por la

sostenibilidad de los ecosistemas y la diversidad cultural (Minami, 2009) en el presente y para las generaciones futuras. Acorde a la relevancia y urgencia del tema, Tickell & Harrell Tickell, (2020) presentaron en Netflix un documental titulado “Kiss the ground” (Besa el suelo), con el cual se pretende llegar a la mayor audiencia posible para educar sobre el cuidado del suelo y mostrar las mejores prácticas para obtener alimentos, los beneficios en la preservación de la biodiversidad y la captura de carbono para disminuir el cambio climático global, entre otros objetivos.

El cuidado del suelo juega un papel crucial en la consecución de múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dentro de la Agenda 2030 (United Nations, 2018). El cuidado del suelo es clave para lograr los ODS: mejora la productividad, combate la pobreza y el hambre, protege el agua y el clima, promueve energía renovable y el uso sostenible urbano, previene la degradación ambiental y fortalece la equidad y la paz (ODS 1,2,6,7,11,12,13, 14, 15 y 16). Los principales objetivos del análisis realizado son: 1. Valorar la importancia del suelo en la conservación de la biodiversidad. 2. Explorar la conexión entre el suelo y las prácticas culturales. 3. Destacar los riesgos y amenazas para la salud del suelo y su biodiversidad asociada. 4. Promover prácticas sostenibles de manejo del suelo y conservación de la biodiversidad. 5. Abogar por la inclusión del conocimiento tradicional en las políticas de conservación del suelo. 6. Fomentar la conciencia sobre la interrelación entre suelo, biodiversidad y cultura.

2. METODOLOGÍA

Se inició con una revisión exhaustiva de la literatura científica y académica relacionada con el suelo, la biodiversidad, la sostenibilidad y el patrimonio biocultural. Esto permitió obtener una comprensión detallada de los conceptos clave, los avances científicos, las perspectivas interdisciplinarias y los enfoques metodológicos relevantes. Se establecieron claramente los objetivos, identificando los temas específicos a abordar, como la influencia del suelo en la biodiversidad, los vínculos entre el patrimonio biocultural y los ecosistemas terrestres, y los aspectos relacionados con la sostenibilidad. Posteriormente se relacionaron con los beneficios económicos, ambientales y sociales de la preservación y restauración de los suelos. La discusión se generó y se construyó el informe con base a la información y de acuerdo a la trayectoria de los participantes. Dos de los autores han sido profesores de la asignatura de Geología y Edafología en el Instituto Tecnológico de Los Mochis (TECNM) y un tercero sobre Desarrollo Sustentable, existiendo una experiencia y conocimiento amplio sobre aspectos de conservación, etnobotánica, biodiversidad y manejo de recursos naturales. Se concluye el capítulo resaltando los hallazgos principales, aportando nuevas perspectivas sobre la conexión entre el suelo, la biodiversidad y el patrimonio biocultural, y proponiendo recomendaciones prácticas para la gestión sostenible de los recursos naturales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El patrimonio biocultural representa la integración de la biodiversidad y la diversidad cultural en un enfoque holístico de conservación y gestión sostenible de los recursos naturales (Lindholm, y Ekblom, 2019), promoviendo la protección de los conocimientos tradicionales, la diversidad cultural y la sostenibilidad ambiental (Van Opstal et al, 2013; Renn, 2005; Deekor y Maekae, 2015). El patrimonio biocultural del suelo se refiere a la interrelación entre la diversidad biológica (microorganismos, insectos, plantas y otros organismos) presente en el suelo (Samaddar et al, 2021) y las prácticas culturales de las comunidades humanas (Minami, 2009) que dependen de este recurso. Consiste en la integración de los conocimientos tradicionales, las prácticas de manejo del suelo (Fouke, (2011), las creencias culturales y espirituales, y la biodiversidad del suelo y la salud humana (Brevik, et al, 2020) en un sistema dinámico y multifacético. Este enfoque reconoce que las comunidades locales han desarrollado a lo largo del tiempo un profundo conocimiento sobre el suelo (Kending, 2024), sus propiedades ecológicas, y sus interacciones con la vida humana y el entorno natural (Ansong Omari, 2018; Brondízio et al, 2021). Este conocimiento se ha transmitido de generación en generación y forma parte de la identidad cultural y el patrimonio de dichas comunidades.

La relevancia del suelo en la conservación y sostenibilidad radica en su papel como sustento para la vida vegetal (Gavrilescu, 2021), su contribución a la mitigación del cambio climático (Smith, 2012; Jansson y Hofmockel, 2020), su función en la purificación del agua (George & Ngole-Jeme, 2021), su importancia como hábitat para la biodiversidad (Davidson y Grieve, 2006) y su papel en la sostenibilidad de la agricultura (dePaulObade, 2019). La conservación y el manejo sostenible del suelo son fundamentales para la salud de los ecosistemas y el bienestar humano (Jahiruddin, 2020) a escala global. Algunas razones que subrayan la relevancia del suelo en la conservación y sostenibilidad. La relación entre comunidades locales, biodiversidad y suelo es multifacética e incluye aspectos de dependencia de recursos naturales (Nielsen et al, 2010), conocimientos tradicionales (Kending, 2024), conservación (Blanco y Lal, 2008), impacto de actividades humanas (Grieve, 2001) y vínculos culturales (Landa y Feller, 2010). La colaboración cercana con las comunidades locales es crucial para promover la conservación del suelo (Puig de la Bellacasa, 2019) y la biodiversidad, así como para fomentar un manejo sostenible de los recursos naturales. Esta relación es de vital importancia en la conservación y sostenibilidad de los ecosistemas. La relación entre comunidades, suelo y biodiversidad es clave para la salud del ambiente: las comunidades aprovechan recursos del suelo y la biodiversidad, cuyas funciones esenciales y servicios ecosistémicos dependen del conocimiento tradicional y del manejo responsable, mientras que prácticas inadecuadas pueden degradar estos recursos y afectar el bienestar humano.

Características del suelo y su importancia para la biodiversidad. El suelo es un componente vital para la biodiversidad (Havlicek y Mitchell, 2014), ya que proporciona hábitats diversos, nutrientes esenciales (Miransari,2013), refugios (Waudby y Petit, 2016), microclimas (Kearney, et al, 2014) y soporte para una amplia variedad de organismos. La conservación y el manejo sostenible del suelo son fundamentales para la preservación de la biodiversidad y la salud de los ecosistemas terrestres. El suelo es un hábitat vital y dinámico que alberga una gran diversidad de organismos (Anthony, Franz Bender y van der Heijden, 2023) y desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la vida en la Tierra.

La diversidad del suelo y la biodiversidad están estrechamente relacionadas y se influyen mutuamente en los ecosistemas (Anthony, Franz Bender y van der Heijden, 2023). El suelo desempeña una serie de funciones ecosistémicas cruciales que son fundamentales para la sostenibilidad de los ecosistemas naturales y para el bienestar de la sociedad en su conjunto. Algunas de las funciones ecosistémicas del suelo más importantes incluyen:

1. Producción de alimentos: El suelo es el medio en el que crecen la mayoría de los cultivos, proporcionando los nutrientes y el soporte físico necesarios para el crecimiento de las plantas. Esta función es esencial para la seguridad alimentaria a nivel global en un suelo sano (Shah y Wu,2019).
2. Regulación del ciclo del agua: El suelo actúa como un reservorio de agua y cumple un papel fundamental en la regulación del ciclo hidrológico (Gavrilescu,2021). Absorbe y almacena agua, reduciendo el riesgo de inundaciones y mitigando la escasez hídrica al liberar lentamente el agua a los cuerpos de agua y a las plantas.
3. Filtración y purificación del agua: El suelo actúa como un filtro natural que elimina contaminantes del agua, mejorando su calidad (George & Ngole-Jeme, 2021). Este proceso es vital para la salud humana y la conservación de ecosistemas acuáticos.
4. Ciclos biogeoquímicos: El suelo es el sitio donde tienen lugar numerosos ciclos biogeoquímicos, como el ciclo del carbono, nitrógeno, fósforo y otros nutrientes (Smith, et al, 2015). Estos ciclos mantienen la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
5. Almacenamiento de carbono: El suelo almacena grandes cantidades de carbono orgánico, contribuyendo a la regulación del cambio climático al actuar como sumidero de carbono (Lal,Negassa y Lorenz, 2015; Ayala et al, 2018).
6. Hábitat para la biodiversidad: El suelo alberga una gran diversidad de organismos (Samaddar et al, 2021), desde microorganismos y hongos hasta invertebrados y otras formas de vida (Anthony, Franz Bender y van der Heijden, 2023). Estos organismos juegan roles críticos en los procesos

del ecosistema, como la descomposición de la materia orgánica y la ciclación de nutrientes.

7. Soporte para la infraestructura humana: El suelo proporciona el soporte físico necesario para la construcción de infraestructuras (Jahiruddin,2020), ya sea para viviendas, carreteras o edificaciones.

8. Resistencia a la erosión: Los suelos saludables y bien estructurados tienen la capacidad de resistir la erosión, evitando la pérdida de suelos fértiles y protegiendo paisajes y ecosistemas vulnerables (Liu, et al, 2011).

La microbiota del suelo es clave para la salud y funcionalidad del ecosistema (Havlicek y Mitchell, 2014), pues regula ciclos biogeoquímicos, descompone materia orgánica, fija nitrógeno, secuestra carbono y mejora la estructura del suelo. Además, protege las plantas y favorece la resiliencia ecosistémica. La agricultura sostenible, que incluye prácticas como labranza mínima, manejo de nutrientes, rotación de cultivos y control integrado de plagas, promueve esta biodiversidad del suelo, esencial para la productividad agrícola y económica a largo plazo (Barbier, 1989) y la estabilidad ambiental.

Impacto de factores externos en la salud del suelo y la biodiversidad

El cambio climático deteriora la calidad del suelo mediante erosión, salinización, degradación de materia orgánica y alteración en la disponibilidad de agua, afectando la productividad agrícola y la salud de los ecosistemas. Además, incrementa la contaminación y degradación del suelo, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y la calidad de vida. A continuación, se describen estos dos conceptos:

1.-La contaminación del suelo es la presencia de sustancias químicas en concentraciones dañinas, originada por actividades industriales, minería, uso de pesticidas, fertilizantes y vertidos de desechos (Mishra, Mohammad y Roychoudhury, 2016). Los contaminantes como metales pesados y químicos afectan la calidad del suelo, la biodiversidad y la salud humana al contaminar alimentos y agua, causando daños ecológicos (Trasar-Cepeda et al, 2000) y riesgos sanitarios.

2.-La degradación del suelo es la pérdida de calidad causada por erosión, pérdida de materia orgánica, compactación, salinización y acidificación (Rust, et al, 2022). Sus principales causas son prácticas agrícolas no sostenibles (monocultivo, fertilización excesiva), deforestación, sobrepastoreo, urbanización (Aulakh y Sidhu, 2015), contaminación y cambio climático, afectando la productividad, biodiversidad y resiliencia de los ecosistemas.

Algunas de las consecuencias de la contaminación y degradación del suelo incluyen la pérdida de biodiversidad, la disminución de la productividad agrícola, la contaminación de fuentes de agua subterránea y superficial, la erosión del suelo, la desertificación, la degradación de los ecosistemas y la pérdida de servicios

ecosistémicos. Estos problemas afectan la salud humana, la seguridad alimentaria, la economía y el bienestar de las sociedades (Nemogá, 2016).

La deforestación y la pérdida de hábitats naturales son problemas ambientales significativos que tienen impactos devastadores en la biodiversidad, los ecosistemas y el clima:

1.-La deforestación implica la eliminación masiva de bosques para usos como agricultura, ganadería (García-García, et al, 2019), urbanización (Abere y Opara, 2012) y explotación forestal (Allen y Barnes, 1985), causando pérdida de biodiversidad, liberación de carbono, degradación del suelo y alteración de ciclos hidrológicos. Esta práctica contribuye al cambio climático (Longobardi, Montenegro, Beltrami, Eby, 2016), erosión y afecta a comunidades que dependen del bosque para su sustento y cultura.

2.-La pérdida de hábitats naturales, causada por actividades humanas (Ortiz-García, et al, 2022) como agricultura, urbanización (García-García, et al, 2019), minería, contaminación y cambio climático (Longobardi, Montenegro, Beltrami, Eby, 2016), destruye ecosistemas esenciales como bosques, humedales y arrecifes. Esto amenaza la biodiversidad (Brussaard, 1997; Thakur et al, 2020; Anthony, Franz Bender y van der Heijden, 2023), puede provocar extinciones (Davidson y Grieve,2006), alterar procesos ecológicos y reducir la resiliencia de los ecosistemas frente a perturbaciones, afectando también servicios vitales para la humanidad.

La deforestación causa pérdida de hábitats naturales, afectando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos vitales como suministro de agua y regulación climática. Para enfrentarla, es esencial promover la gestión forestal sostenible, conservar áreas protegidas y su biodiversidad (Corbane et al, 2015), reforestar, aplicar leyes ambientales, fomentar prácticas agrícolas sostenibles y reducir el consumo de productos que causan deforestación, asegurando así la protección de bosques y la seguridad alimentaria.

La integración del conocimiento científico y tradicional, respetando las perspectivas culturales, es esencial para conservar la biodiversidad, restaurar el suelo y fortalecer sociedades sostenibles y resilientes (Bach, et al, 2020), reconociendo el papel vital de las comunidades locales en la protección ambiental (Patra, Bharati y Mohanty, 2016).

El suelo es crucial para la diversidad cultural debido a su papel en la alimentación, las artes tradicionales, viviendas y estructuras tradicionales, la cosmovisión y la transmisión de conocimientos, todos los cuales contribuyen a la expresión única de las comunidades en todo el mundo (Landa y Feller, 2010). La preservación y la gestión sostenible del suelo son fundamentales para la conservación de la diversidad cultural y la promoción de sociedades que valoren y respeten la interconexión entre la naturaleza, tradiciones culinarias, materia prima y la cultura (Ansong Omari,2018; Brondízio et al, 2021).

El suelo desempeña un papel fundamental en la seguridad alimentaria y la resiliencia de las comunidades locales por varias razones significativas:

- 1.-El suelo es el medio esencial para el crecimiento de cultivos que sustentan la alimentación humana y animal (Oliver y Gregory, 2014). Su fertilidad y capacidad para retener nutrientes y agua determinan directamente la productividad agrícola, por lo que mantener su salud es vital para garantizar un suministro alimentario constante y seguro.
2. La biodiversidad del suelo, incluyendo microorganismos y lombrices (Anthony, Franz Bender y van der Heijden, 2023), es vital para procesos como la descomposición y fijación de nitrógeno, lo que mejora la salud de los cultivos y asegura alimentos variados y nutritivos para las comunidades.
3. Un suelo bien manejado actúa como amortiguador natural ante desastres como inundaciones (Souza, 2022) y sequías, ya que su buena estructura y materia orgánica mejoran la retención de agua, disminuyendo la vulnerabilidad hídrica. Además, la gestión sostenible y el cultivo diversificado fortalecen la resiliencia agrícola frente a eventos climáticos extremos, protegiendo a comunidades y ecosistemas.
4. Promover prácticas agrícolas sostenibles que preserven la salud del suelo, como la conservación de su estructura, manejo adecuado de fertilizantes y rotación de cultivos, es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria (Poza y Field, 2020) a largo plazo, asegurando la productividad continua de la tierra para las futuras generaciones, que dependen del 95% de los alimentos (Ortiz-García, et al 2022) derivados del suelo.

4. CONCLUSIONES

El suelo es fundamental para el patrimonio biocultural porque alberga biodiversidad vital con valor histórico y espiritual para las comunidades, sustenta prácticas agrícolas y tradiciones, y conserva evidencias arqueológicas. Fortalecer esta conexión requiere agricultura regenerativa, conservación, educación ambiental e innovación. Su relevancia económica incluye producción de alimentos, recursos naturales, biodiversidad, servicios ecosistémicos y patrimonio, cuyo manejo sostenible es clave para preservar su productividad y beneficios económicos.

5. REFERENCIAS

- Abere, S.A. y Opara, J.A. (2012). Deforestation and sustainable development in the tropics: Cause and effects. *Journal of Educational and Social Research*. 105-109.
- Allen, J.C. y Barnes, D.F. (1985). The causes of deforestation in developing countries. *Annals of the Association of American Geographers*. 163-184.

- Anthony, M.A.; Franz Bender, S.; van der Heijden, M.G.A. (2023). Enumerating soil biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 120(33)
- Ansong Omari, R.; Bellingrath-Kimura, S.D.; Sarkodee Addo, E.; Oikawa, Y.; Fujii, Y. (2018). Exploring Farmers' Indigenous Knowledge of Soil Quality and Fertility Management Practices in Selected Farming Communities of the Guinea Savannah Agro-Ecological Zone of Ghana. *Sustainability*, 10, 1034
- Aulakh, M.S. and G.S. Sidhu (2015). Soil degradation in India: Causes, major threats, and management options. In: MARCO Symposium 2015 - Next Challenges of Agro-Environmental research in Monsoon Asia. pp. 151-156. *National Institute for Agro-Environmental Sciences (NIAES)*, Tsukuba, Japan.
- Ayala Niño, F., Maya Delgado y E. Troyo Diéguez. (2018). Almacenamiento y flujo de carbono en suelos áridos como servicio ambiental: Un ejemplo en el noroeste de México. *Terra Latinoamericana* 36: 93-104.
- Bach, E.M.; Ramirez, K.S.; Fraser, T.D.; Wall, D.H. (2020). Soil Biodiversity Integrates Solutions for a Sustainable Future. *Sustainability*, 12, 1-20.
- Barbier, E.B. (1989). Cash crops, food crops, and sustainability: The case of Indonesia. *World Development*, Volume 17, Issue 6, Pages 879-895
- Blanco, H. y Lal, R. (2008). Principles of Soil Conservation and Management. *Springer*. 625 p.
- Brondízio, E.S.; Aumeeryddy-Thomas, Y.; Bates, P.; Carino, J.; Fernández-Llamazares, Á.; Ferrari, M.F.; Galvin, K.; Reyes-García, V.; McElwee, P.; Molnar, Z.; Samakov, A. y Shrestha, A.B. (2021). Locally based, regionally manifested, and globally relevant: indigenous and local knowledge, values and practices for nature. *Annual Review of Environment and Resources*. Vol 46. 1-29
- Brussaard, L. (1997). Biodiversity and Ecosystem Functioning in Soil. *Ambio*, 26(8), 563–570.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Cienc. Agr.* 33(2):117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.
- Corbane, C.; Lang, S.; Pipkins, K.; Alleaume, S.; Deshayes, M.; García Millán, V.E.; Strasser, T.; Vanden Borre J.; Toon, S.; Michael, F. (2015). Remote sensing for mapping natural habitats and their conservation status – New opportunities and challenges, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 37, Pages 7-16.
- dePaulObade, V. (2019). Integrating management information with soil quality dynamics to monitor agricultural productivity. *Science of the Total Environment*. Vol. 651, Part 2, Pp 2036-2043.
- Deekor, L.N. y Maekae, J. (2015). Culture and cultural diversity in sustainable development: the Nigerian experience. *Journal of Economics and Sustainable Development*. Vol. 6, No. 13. 249-254

- Fitter, A.H.; Gilligan, C.A.; Hollingworth, K.; Kleczkowski, A.; Twyman, M.; Pitchford, J.W.; and The members of the Nerc Soil Biodiversity Programme. (2005). *Functional Ecology*. 19. 369-377.
- Fouke, Daniel C. (2011). Humans and the Soil. *Environmental Ethics* 33 (2):147-161.
- García-García, D.A.; García-Mosqueda, G.E.; Castillo-Quiroz, D.; Castillo-Reyes, F.; Sáenz-Reyes, J.T.; y Muñoz-Flores, H.J. (2019). Deforestación y degradación de ecosistemas boreales, causas y efectos. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 15(2):49-58.
- Gavrilescu, M. (2021). Water, Soil, and Plants Interactions in a Threatened Environment. *Water*, 13, 2746. 1-25
- George, M., & Ngole-Jeme, V. M. (2021). Assessment of soil degradation in a palustrine wetland and the implication on its water purification potential. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 49(12), 2100060.
- Grieve, I.C. (2001). Human impacts on soil properties and their implications for the sensitivity of soil systems in Scotland, *Catena*, Volume 42, Issues 2–4, Pag. 361-374.
- Havlicek, E., Mitchell, E.A.D. (2014). Soils Supporting Biodiversity. In: Dighton, J., Krumins, J. (eds) *Interactions in Soil: Promoting Plant Growth. Biodiversity, Community and Ecosystems*, vol 1. Springer, Dordrecht.
- Hofman, G. y Van Cleemput, O. (2004). Soil and nitrogen. International Fertilizer Industry association. 30 p.
- Jahiruddin, M. (2020). Soil health and human well-being: A review. *Fundamental and Applied Agriculture*. Vol. 5, No. 4, 443-452.
- Jansson, J.K., Hofmockel, K.S. (2020). Soil microbiomes and climate change. *Nat Rev Microbiol* 18, 35–46.
- Jianbo S., Lixing Y., Junling Z., Haigang L., Zhaohai B., Xinping Ch., Weifeng Z., Fusuo Z. (2011). Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant, *Plant Physiology*, Volume 156, Issue 3, Pages 997–1005
- Kearney, M.R., Shamakhy, A., Tingley, R., Karoly, D.J., Hoffmann, A.A., Briggs, P.R. and Porter, W.P. (2014), Microclimate modelling at macro scales: a test of a general microclimate model integrated with gridded continental-scale soil and weather data. *Methods Ecol Evol*, 5: 273-286.
- Kendig, Catherine. (2024). “Human-Managed Soils and Soil-Managed Humans: An Interactive Account of Perspectival Realism for Soil Management”. *Journal of Social Ontology* 10 (2). Vienna, Austria. 80-109.
- Lal, R., Negassa, W. y Lorenz, K. (2015). Carbon sequestration in soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. Vol. 15. Pages 79-86.
- Landa, E.R. y Feller, C. (2010). Soil and culture. Springer. 485 p.
- Lindholm, K.J. y Ekblom, A. (2015). A framework for exploring and managing biocultural heritage, *Anthropocene*, Volume 25.

- Liu, X., Zhang, S., Zhang, X., Ding, G. y Cruse, R.M. (2011). Soil erosion control practices in Northeast China: A mini-review. *Soil and Tillage Research*..volume 117 pages 44-48
- Longobardi P, Montenegro A, Beltrami H, Eby M (2016) Deforestation Induced Climate Change: Effects of Spatial Scale. *PLoS ONE* 11(4): e0153357. 1-34
- Minami, K. (2009). Soil and humanity: Culture, civilization, livelihood and health. *Soil Science and Plant Nutrition*, 55(5), 603–615.
- Miransari, M. (2013). Soil microbes and the availability of soil nutrients. *Acta Physiologica Plant* **35**, 3075–3084
- Mishra, R.K., Mohammad, N. y Roychoudhury, N. (2016). Soil pollution: causes, effects and control. *Tropical Forest Research Institute*. Vol. 3 No.. 1 1-15
- Nemogá, G.R. (2016). Diversidad biocultural; innovando en investigación para la conservación. *Acta Biológica Colombiana*, vol. 21, Núm.1 pp. 311-319.
- Nielsen, U.N.; Ayres, E.; Wall, D.H.; Bardgett, R.D. (2010). Soil biodiversity and carbon cycling: a review and synthesis of studies examining diversity-function relationships. *European Journal of Soil Science*.62, 105-116.
- Oliver, M.A. y Gregory, P.J. (2014). Soil, food security and human health: a review. *European Journal of Soil Science*. Vol. 66 (2): 257-276.
- Ortiz García, S.; Saynes Santillan, V.;Bunge Vivier, V.; Anglés-Hernández, M.; Pérez, M.E.; Prado, B. (2022). Soil governance and sustainable agriculture in Mexico, *Soil Security*, Volume 7, 1-8.
- Patra, A.K.; Bharati, K. y Mohanthy, S.R. (2016). Significance of soil biodiversity-driven ecosystem services for sustainable agricultura, environment and human health. *Indian Journal of Fertiliser*, Vol 12(2). Pp.62-70.
- Pozza, L.E. y Field. D.J. (2020). The science of Soil Security and Food Security, *Soil Security*, Volume 1. 1-13.
- Puig de la Bellacasa, M. (2019). Re-animating soils: Transforming human–soil affections through science, culture and community. *The Sociological Review*, 67(2), 391-407.
- Renn, O. (2005). Sustainable Development: Exploring the Cross-Cultural Dimension. *Global Sustainability*, 21–41.
- Rust, N.; Lunder, O.E.; Iversen, S.; Vella, S.; Oughton, E.A.; Breland, T.A.; Glass, J.H.; Maynard, C.M.; McMorran, R.; Reed, M.S. (2022). Perceived Causes and Solutions to Soil Degradation in the UK and Norway. *Land*, 11, 131.
- Samaddar S, Karp DS, Schmidt R, Devarajan N, McGarvey JA, Pires AFA, Scow K. (2021). Role of soil in the regulation of human and plant pathogens: soils' contributions to people. *Phil. Trans. R. Soc. B* 376: 20200179.
- Shah, F.; Wu, W. (2019). Soil and Crop Management Strategies to Ensure Higher Crop Productivity within Sustainable Environments. *Sustainability*, 11, 1485.
- Smith, P. (2012). Soils and climate change, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Volume 4, Issue 5, Pages 539-544,

- Smith, P., Cotrufo, M. F., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P. J., Elliott, J. A., McDowell, R., Griffiths, R. I., Asakawa, S., Bustamante, M., House, J. I., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G., West, P. C., Gerber, J. S., Clark, J. M., Adhya, T., Scholes, R. J., Scholes, M. C. (2015). Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. *Soil*. Volume 1. Number 2, pages 665—685.
- Souza, T. (2022). Natural Disasters. In: *Soil Biology in Tropical Ecosystems*. Springer, Cham. 125-139.
- Thakur, M.P., Phillips, H.R.P., Brose, U., De Vries, F.T., Lavelle, P., Loreau, M., Mathieu, J., Mulder, C., Van der Putten, W.H., Rillig, M.C., Wardle, D.A., Bach, E.M., Bartz, M.L.C., Bennett, J.M., Briones, M.J.I., Brown, G., Decaëns, T., Eisenhauer, N., Ferlian, O., Guerra, C.A., König-Ries, B., Orgiazzi, A., Ramirez, K.S., Russell, D.J., Rutgers, M., Wall, D.H. and Cameron, E.K. (2020), Towards an integrative understanding of soil biodiversity. *Biol Rev*, 95: 350-364.
- Tickell, J., & Harrel Tickell, R. (Dirección). (2020). Kiss the Ground [Película].
- Trasar-Cepeda, C., Leirós, M.C.; Seoane, S.; Gil-Sotres, F. (2000). Limitations of soil enzymes as indicators of soil pollution, *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 32, Issue 13. Pages 1867-1875
- United Nations, (2018). The 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals: An opportunity for Latin America and the Caribbean (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago, 94 p.
- Van Opstal, M.; Deschepper, R.; Dahdouh-Guebas, R.; Joiris, V.; Van Bendegem, P.; Koedam, N. (2013). Sustainable development & diversity: reflections on knowledge, cultural diversity and environmental sustainability from a transdisciplinary perspective. *Journal of Interdisciplinary Research*. 38-43
- Waudby, H. P. y Petit, S. (2016). Thermoregulatory value of cracking-clay soil shelters for small vertebrates during extreme desert conditions. *Integrative Zoology*. Vol. 12, Issue 3, Pages 237-249.

CARACTERÍSTICAS DEL CAPITAL HUMANO QUE OPERA PLATAFORMAS DIGITALES DE HOSPEDAJE

José Humberto Escobedo De La Torre

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Durango
24041593@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0004-8280-7787?lang=es>

Mayela del Rayo Lechuga Nevárez

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Durango
mlechuga@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3221-0742>

Juana Hernández Chavarría

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Durango
Juana.hernandez@durango.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0268-6280>

Iván González Lazalde

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Durango
igonzaalez@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6728-4381>

RESUMEN

El sector de hospedaje ha sufrido grandes transformaciones en los últimos años gracias a la implementación de nuevas tecnologías; entre las más significativas se encuentra el desarrollo de plataformas digitales que permiten a pequeños empresarios competir con grandes cadenas hoteleras; sin embargo, el capital humano sigue siendo un factor determinante en la operatividad y rendimiento de estas nuevas plataformas digitales.

Este estudio tiene como objetivo caracterizar al capital humano que opera en estas plataformas digitales. Se empleó una metodología cuantitativa, descriptiva, explicativa y transversal; para la recopilación de la información se usó la encuesta y como instrumento un cuestionario estructurado, el cual se validó previamente haciendo uso de la técnica juicio de expertos, se aplicó electrónicamente haciendo uso de un formulario de *Google* a una muestra censal de 53 anfitriones de la plataforma *Airbnb*, que operan en la ciudad de Durango, Dgo., México.

Los principales resultados muestran que la mayoría de estos anfitriones son hombres y mujeres con algún grado académico; la mayoría se encuentra entre los 36 y 45 años de edad; un porcentaje significativo considera esta actividad económica como una fuente de ingresos secundaria que en el mayor de los casos representa entre un 20% y un 40% de sus ingresos totales. Estos hallazgos

subrayan la relevancia del perfil socioeconómico y motivacional de los anfitriones en la sostenibilidad de las plataformas de economía colaborativa.

Palabras clave: capital humano, plataformas digitales, hospedaje, Airbnb, economía colaborativa, perfil de anfitriones.

ABSTRACT

The hospitality sector has undergone major transformations in recent years thanks to the implementation of new technologies. Among the most significant of these is the development of digital platforms that allow small businesses to compete with large hotel chains. However, human capital remains a determining factor in the operation and performance of these new digital platforms.

This study aims to characterize the human capital operating on these digital platforms. A quantitative, descriptive, explanatory, and cross-sectional methodology was used. A survey was used to collect the information, and a structured questionnaire was used as an instrument, which was previously validated using the expert judgment technique. It was administered electronically using a Google form to a census sample of 53 hosts on the Airbnb platform operating in the city of Durango, Durango, Mexico.

The main results observed show that most of these hosts are men and women with some level of academic qualification, most are between 36 and 45 years of age, and a significant percentage consider this economic activity to be a secondary source of income, which in most cases represents between 20% and 40% of their total income. These findings underscore the relevance of the socioeconomic and motivational profile of hosts in the sustainability of collaborative economy platforms.

Keywords: human capital, digital platforms, lodging, Airbnb, collaborative economy, host profile.

1. INTRODUCCIÓN

El sector de servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas se ha consolidado como uno de los más fuertes y resilientes, teniendo un crecimiento notable en las dos últimas décadas. Durante el cuarto trimestre de 2024, el Producto Interno Bruto alcanzó los \$855,240 millones de pesos mexicanos, (Secretaría de Economía, 2025). De acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) 2024, el sector de Servicios de Alojamiento Temporal y Preparación de Alimentos y Bebidas contabilizó 789,025 establecimientos en todo el país.

Por otro lado, la ciudad de Durango cuenta con 3,558 unidades económicas en el ámbito turístico (Data México, 2024). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020) los ingresos reportados en este sector económico ascendieron a los 5,000 millones de pesos en Durango en el año 2019.

Según el sitio de *AirDNA*, en la ciudad de Durango existen alrededor de 580 alojamientos distribuidos entre las distintas categorías. Además, el ingreso promedio anual de un alojamiento en la ciudad de Durango es de 100,300 pesos (*AirDNA*, 2025).

Aunque las plataformas digitales de hospedaje han crecido exponencialmente en México, existe un vacío investigativo respecto al perfil del capital humano que las opera, especialmente en ciudades emergentes como Victoria de Durango. La literatura previa se ha centrado en mercados consolidados y aspectos macroeconómicos, dejando sin explorar las características sociodemográficas, formativas y motivacionales de los anfitriones locales. Este estudio busca caracterizar dicho capital humano, partiendo de la definición de los conceptos clave para su análisis.

Para (*Gallego y Naranjo*, 2020) el capital humano, entendido como el conjunto de conocimientos, habilidades, valores y actitudes de las personas resulta crucial en entornos empresariales competitivos. En estos espacios se requieren individuos con capacidad innovadora, habilidades de negociación y compromiso institucional para enfrentar los retos del mercado (*Bernal et al.*, 2020).

En las últimas décadas, el capital humano dentro de las organizaciones ha tomado mucha relevancia, pues es hasta ahora un elemento imposible de sustituir con tecnología alguna; además, es capaz de generar y aportar valor a la organización. Según *Díaz y Moctezuma* (2022) cuando los empleados alcanzan un alto nivel de conocimiento, junto con competencias y habilidades sólidas, su capacidad para colaborar eficazmente dentro de la empresa mejora, al igual que el desempeño en sus funciones. De acuerdo a *Gaspar* (2021) cuando esta gestión se realiza con calidad y eficiencia, se fortalece el compromiso de los colaboradores con los objetivos, la misión, la visión, la cultura y las políticas institucionales, lo que contribuye directamente al logro del éxito empresarial.

Vinculado al concepto de capital humano en este sector, es necesario definir el sector de hospedaje; este se refiere a la provisión de alojamiento temporal para huéspedes y abarca una amplia gama de negocios. Además, este sector es de vital importancia para toda la industria turística, la cual está estrechamente relacionada con el tema del hospedaje (*Cesuma*, 2025).

Como se ha señalado previamente, el hospedaje, como parte esencial de la industria turística, se ve influido por su dinamismo y por una demanda creciente en calidad. Según *Armenta et al.* (2020), la transformación del sector ha intensificado la competencia al permitir la incorporación de nuevos participantes.

Las plataformas digitales como *Airbnb* han transformado el mercado del alojamiento turístico, ofreciendo alquiler de casas, departamentos o habitaciones privadas. Esto ha generado una nueva tendencia, con un rápido crecimiento de este tipo de hospedaje entre los viajeros (*Castro et al.*, 2024).

Las tecnologías digitales ya forman parte activa del sector turístico. Su impacto se refleja en la profunda transformación de los modelos económicos tradicionales y en la velocidad sin precedentes con la que estas innovaciones están redefiniendo el turismo a nivel global. Este avance ha cambiado los hábitos de consumo, influido en las decisiones de los viajeros y modificado las dinámicas competitivas del mercado (Más et al., 2020).

Gamboa et al. (2020) señalan que en Cancún, Airbnb reúne a diversos actores, desde particulares, hasta empresas inmobiliarias y pequeños hoteles que ofrecen alojamiento, convirtiéndose en un competidor importante del modelo hotelero tradicional. Según Moreno et al. (2016), Airbnb se ha expandido rápidamente y es un ejemplo clave de economía colaborativa, al permitir que cualquier persona ofrezca su vivienda como alojamiento turístico, pudiendo llegar a convertirse en el modelo predominante en este sector. Como se ha visto hasta ahora, la incorporación de nuevas tecnologías en el turismo ha impulsado modelos de negocio innovadores que compiten con los servicios tradicionales, dando origen a lo que se conoce como economía colaborativa.

El concepto de economía colaborativa se refiere a actividades económicas basadas en la cooperación para producir, distribuir y consumir bienes, servicios o recursos. Para considerarse parte de este modelo, debe incluir uso compartido de recursos, redes descentralizadas, confianza y reputación, una plataforma tecnológica y gobernanza participativa (Sánchez, 2023).

Por otro lado, según Castellanos et al. (2022), el avance económico y tecnológico ha impulsado la expansión de la economía colaborativa. Tecnologías como el *blockchain* fortalecen la seguridad y los intercambios comerciales, mostrando cómo la innovación tecnológica transforma el mercado y da origen a nuevos modelos económicos.

La economía colaborativa ha surgido con fuerza y busca transformar distintos ámbitos de la sociedad. No obstante, más que sustituir al sistema económico tradicional, actúa como un complemento que amplía las oportunidades y promueve formas de consumo más accesibles (Sastre-Centeno y Galiana, 2019). En este contexto, el capital humano es clave para el éxito organizacional, ya que reúne los conocimientos, habilidades y aptitudes de sus integrantes. En la economía colaborativa, este recurso, apoyado en herramientas digitales, permite competir en mercados existentes y generar nuevos modelos de negocio.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación empleó una metodología cuantitativa, enfocada en la medición de datos. Según Hecker (2025), su objetivo es cuantificar la información para extrapolar los resultados de una muestra a una población más amplia. Canto y Silva (2013) dicen que el enfoque cuantitativo se fundamenta en un razonamiento lógico y estructurado, donde las conclusiones derivan de reglas precisas.

Este estudio es de tipo descriptivo, centrado en observar y analizar un fenómeno sin modificar sus variables. Su propósito es ofrecer una descripción precisa, en este caso, de los anfitriones de Airbnb en Durango (Salomão, 2024). Finalmente, esta investigación es de tipo transversal, lo que significa que se realiza en un momento específico sin dar seguimiento a los participantes a lo largo del tiempo (Wang y Cheng, 2020).

En la ciudad Victoria de Durango existen un total de 452 alojamientos registrados en la plataforma *Airbnb*, estos se pueden categorizar en casas habitación con 161, departamentos con 291, 9 casas de huéspedes y 34 alojamientos que se encuentran clasificados como hoteles. Los alojamientos parciales no fueron tomados en cuenta, ya que se repiten dentro de diferentes categorías al ser administrados por los mismos anfitriones, quedando considerados para el estudio los alojamientos registrados como departamentos.

Se utilizó la fórmula para poblaciones finitas, en donde el porcentaje de nivel de confiabilidad fue de un 95% y el margen de error del 10%, por lo que la muestra utilizada en esta investigación está compuesta por 53 anfitriones, seleccionados exclusivamente entre aquellos que ofrecen casas o departamentos completos.

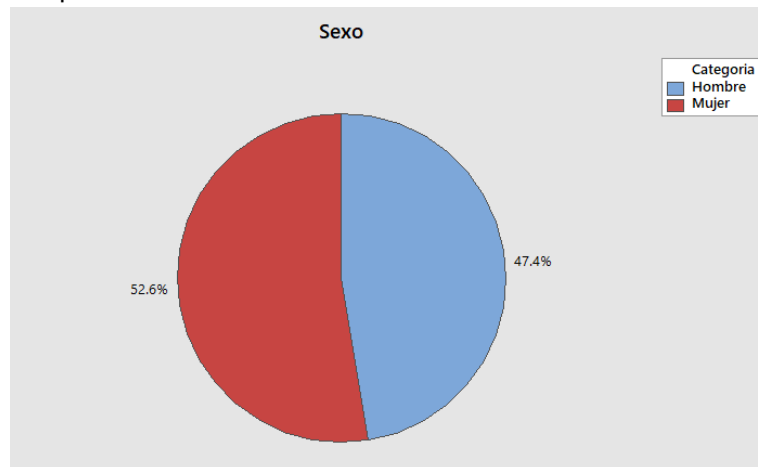
La técnica utilizada para recabar información durante la investigación fue la encuesta, que de acuerdo con Frederick (2021) es una técnica de recolección de datos que se aplica a individuos mediante preguntas estructuradas, claras y objetivas. Por otro lado, el instrumento seleccionado para levantar la encuesta es el cuestionario, una herramienta estandarizada para recoger datos estructurados en investigaciones cuantitativas (Meneses, 2016).

El instrumento utilizado en esta investigación consta de una sección de 13 preguntas: 1 pregunta abierta y 12 de opción múltiple destinadas a caracterizar a los anfitriones de alojamientos de *Airbnb*, por lo que se consideraron las variables de estudio: edad, sexo, nivel educativo, profesión, tiempo de operación en la plataforma, otras actividades económicas y nacionalidad. El instrumento fue validado mediante un juicio de expertos, en el que profesionales con experiencia evaluaron su calidad, relevancia y adecuación, asegurando que el cuestionario mida de manera precisa y válida la variable de interés (Hernández, 2014).

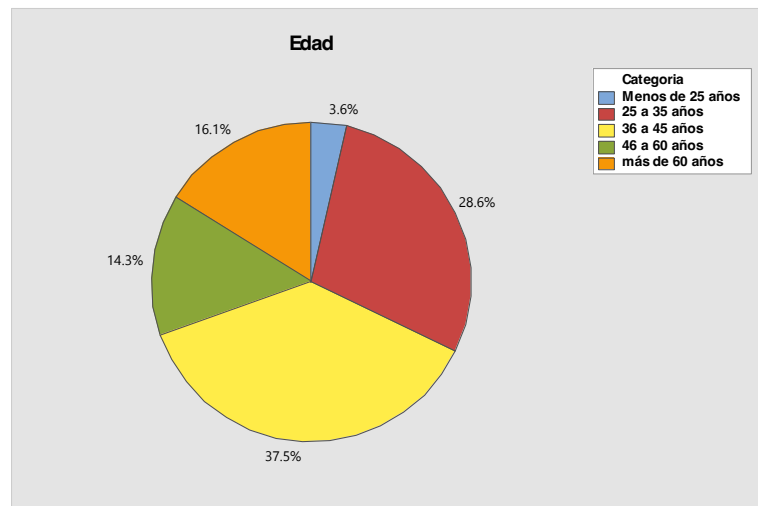
El cuestionario se aplicó de manera digital a través de la plataforma *Google Forms*; se contactó a los anfitriones principalmente por medio de la mensajería de la plataforma de *Airbnb*. Finalmente, con las 53 respuestas se construyó una base de datos en el programa Minitab17 para realizar un análisis estadístico de tipo descriptivo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

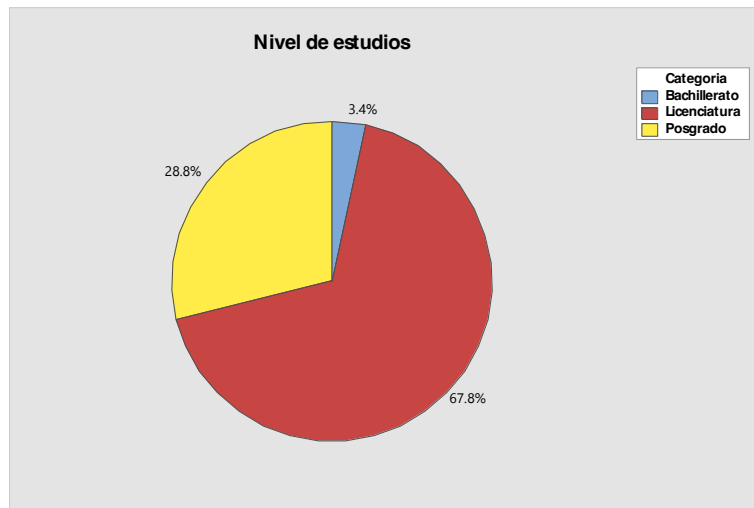
En la figura 1 se puede observar la división por sexos que existe entre los anfitriones que operan la plataforma, existiendo una distribución muy similar para ambos casos, con un 52.6% de los encuestados siendo mujeres y 47.4% hombres.

Figura 3 Distribución por sexos

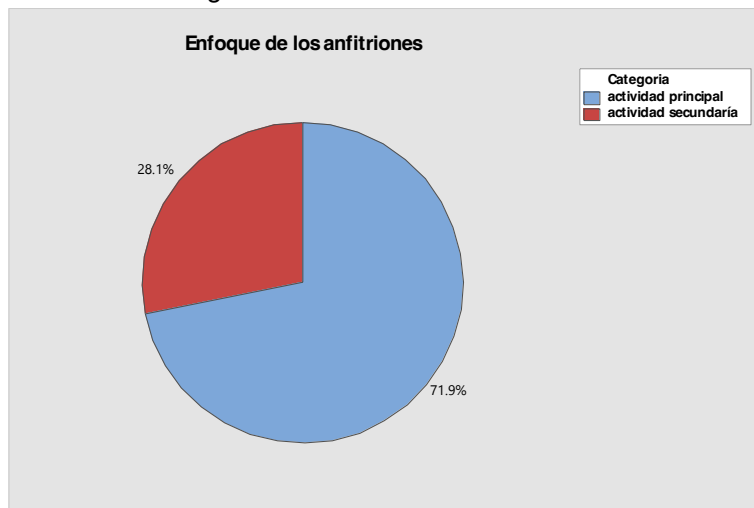
La Figura 2 muestra que los anfitriones se concentran principalmente entre los 25-45 años, siendo el grupo menor de 25 años el menos representado. Esta distribución coincide con el rango de edad promedio en México para adquirir una propiedad (de 29-39 años), según Flores (2025), lo que sugiere que la posesión de vivienda es un factor determinante en este modelo de negocio.

Figura 4 Edades de los anfitriones

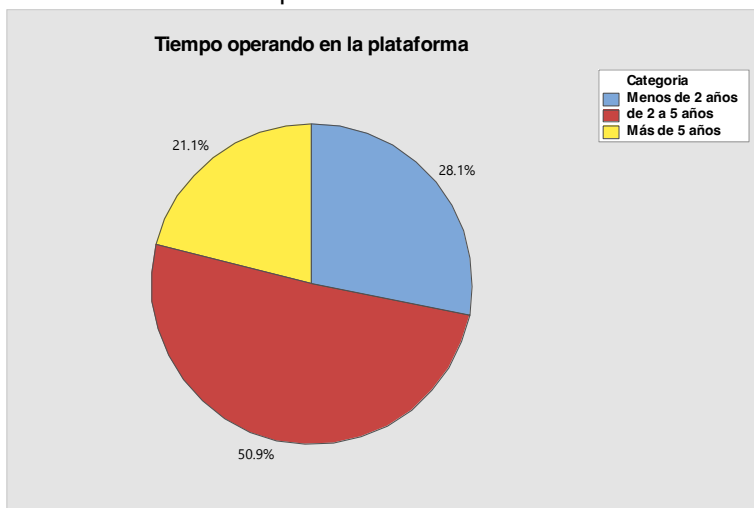
La Figura 3 revela que el 96.6% de los anfitriones posee educación superior (67.8% licenciatura, 28.8% posgrado), frente a solo 3.4% con bachillerato. Esta distribución refleja que el modelo privilegia una combinación de capital económico para adquirir propiedades y capital cultural para gestionar la actividad digital. Los hallazgos coinciden con Coles et al. (2017), quien asoció la densidad de listados de Airbnb en Nueva York con mayores niveles educativos, señalando la brecha digital y las competencias tecnológicas como factores determinantes.

Figura 5 Grados de estudio de los anfitriones

La Figura 4 revela que la mayoría de los anfitriones considera esta actividad como su fuente principal de ingresos. Esta percepción se sustenta al comparar los ingresos promedio generados por propiedad (\$100,300 anuales) con el salario medio en Durango (\$89,640 anuales, Data México, 2025), lo que evidencia el impacto económico significativo de la plataforma.

Figura 6 Airbnb como fuente de ingresos

Según la Figura 5, la mitad de los anfitriones de Airbnb en Durango cuenta con entre 2 y 5 años de operación. Este perfil de antigüedad puede explicarse por el repunte turístico vinculado a la industria cinematográfica que tuvo la entidad de acuerdo con el gobierno del Estado de Durango (2020), además de la maduración de la confianza en la plataforma influenciada por su éxito en otros mercados mexicanos, y la dinámica natural de entrada y salida de anfitriones en el sector.

Figura 7 Tiempo de los anfitriones en la plataforma

El análisis corrobora que el capital humano en estas plataformas corresponde mayoritariamente a profesionistas que complementan sus ingresos mediante herramientas digitales, compitiendo con empresas tradicionales. Este fenómeno resalta la relevancia del capital humano, específicamente sus habilidades blandas y duras, como factor clave de diferenciación y generación de confianza en el nuevo modelo de negocio, según lo establecido por Bernal et al. (2020).

La mayoría de los anfitriones considera esta actividad como su fuente principal de ingresos, lo que refleja la relevancia económica de la economía colaborativa en la región. Esta percepción se fundamenta en que el ingreso promedio anual por propiedad, \$100,300 supera al salario medio anual en Durango de \$89,640 de acuerdo con Data México (2024).

4. CONCLUSIONES

Los resultados confirman el papel esencial del sector de alojamientos temporales en la actividad turística de Durango. El estudio evidencia cómo las nuevas tecnologías están transformando los modelos económicos tradicionales hacia la economía colaborativa, democratizando el sector y permitiendo que pequeños emprendedores compitan en mercados antes dominados por grandes empresas.

El estudio identificó que los anfitriones de Airbnb en Durango son predominantemente mexicanos de 25 a 46 años, con estudios superiores (96.2%), que consideran esta actividad como su principal fuente de ingresos y cuentan con 2 a 5 años de experiencia. Esta homogeneidad educativa sugiere que la familiaridad con tecnologías digitales podría ser un factor clave, aunque se requieren estudios específicos para determinar las causas de esta disparidad formativa.

En base a los resultados obtenidos a través de la encuesta, se puede determinar que se cumplió con el objetivo de identificar y caracterizar al capital humano que opera en la plataforma de alojamientos temporales “Airbnb” en la ciudad de Victoria

de Durango, concluyendo que estos anfitriones representan ya una parte significativa de la fuerza laboral del sector y generan ingresos sustanciales. Sin embargo, la falta de censos y estudios específicos, así como el limitado reconocimiento institucional de su relevancia, dificultan la cuantificación precisa de su impacto económico real.

5. REFERENCIAS

- Airbnb. (2025, April 29). Airbnb contribuye \$22 mil millones de pesos a la economía de la Ciudad de México. Airbnb Newsroom. <https://tinyurl.com/4akfb2xx>
- AirDNA. (2025). *AirDNA*. <https://tinyurl.com/mptseb26>
- Armenta, A., Peña, C. S., y Espinoza, R. (2020). Diagnóstico del sector de hospedaje en el municipio de Tomatlán, Jalisco. *Kikame El Que Viaja*, 9(2448–7708). <https://tinyurl.com/2crwvsvy>
- Bernal, I., Pedraza, N., y Castillo, L. (2020). El capital humano y su relación con el desempeño organizacional. *Revista Espacios*, 41. <https://www.revistaespacios.com/>
- Castellanos, J. D. G., Hurtado, P. L. D., Barahona, L., y Peña, E. (2022). Marco de referencia y tendencias de investigación de economía colaborativa. *Revista En-contexto*, 10(16), 267–292. <https://doi.org/10.53995/23463279.1159>
- Castro, G. C., Vizcarra, C. B. C., y Olivarría, C. H. M. (2024). Turismo y plataformas digitales de alojamiento: una revisión sistemática de la literatura. *INTERdisciplina*, 12(34), 213–226. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2024.34.89252>
- Cesuma, U. C. U. (2025, Julio 10). *¿Qué es el sector de la hostelería?* Universidad CESUMA. <https://cesuma.edu.mx/2023/04/26/que-es-el-sector-de-la-hosteleria/>
- Coles, P., Egesdal, M., Gould, I., Li, X., y Sundararajan, A. (2017). Airbnb Usage Across New York City Neighborhoods: Geographic Patterns and Regulatory Implications. *Cambridge Handbook of Law of the Sharing Economy*. https://furmancenter.org/files/Airbnb_Usage_Across_New_York_City.pdf
- Data México. (2024). *Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas*. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/>
- Del Canto, E., y Silva, A. S. (2013). *Metodología cuantitativa: abordaje desde la complementariedad en ciencias sociales*. Redalyc.org. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15329875002>
- DENUE. (2024, June). *Censos económicos (CE) 2024*. Directorio Estadístico Nacional De Unidades Económicas. <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2024/>
- Díaz, A. a. D., y Moctezuma, J. a. T. (2022). El capital humano y la productividad de las empresas. *Revista Torreón Universitario*, 11(30), 123–130. <https://doi.org/10.5377/rtu.v11i30.13427>

- Flores, L. (2025, September 15). Sube a 39 años la edad promedio para comprar casa en México: 4S Real Estate. *El Economista*. <https://tinyurl.com/29vj78d2>
- Frederick, D. (2021, May 31). Encuesta. *Enciclopedia Iberoamericana*. <https://enciclopediaiberoamericana.com/encuesta/>
- Gallego-Giraldo, C., y Naranjo-Herrera, C. G. (2020). El capital humano de la empresa: una propuesta de medición. *ENTRAMADO*, 16(2), 70–89. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.6544>
- Gamboa, S. F., Alcudia, C. M. M., y Santiesteban, M. L. (2020). Uso de plataformas digitales y aplicaciones en línea para reservar servicios de hospedaje en Mazatlán, México. *Revista De Investigación En Tecnologías De La Información*, 8(15), 85–95. <https://doi.org/10.36825/riti.08.15.008>
- Gaspar, M. (2021). La gestión de talento humano y su influencia en el desempeño laboral para el éxito de las empresas. *Polo Del Conocimiento*, 6(2550-682X), 318–329. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8042592>
- Gobierno del Estado de Durango. (2020). Durango, crece en el sector turístico y cinematográfico. In *Gobierno Del Estado De Durango*. <https://net.durango.gob.mx/durango-crece-en-el-sector-turistico-y-cinematografico/>
- Hecker, J. (2025, February 11). *Investigación cuantitativa*. ATLAS.ti. <https://atlasti.com/es/research-hub/investigacion-cuantitativa>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. <https://tinyurl.com/3t6u7xyx>
- INEGI. (2020). *Censos económicos 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/#Tabulados>
- Más, A., Ramón, A., y Aranda, P. (2020). La revolución digital en el sector turístico. Oportunidad para el turismo en España. *Ekonomiaz*, 98. <https://tinyurl.com/zm87s36k>
- Meneses, J. (2016). El cuestionario. *Universitat Oberta De Catalunya*, 9. <https://femrecerca.cat/meneses/publication/cuestionario/cuestionario.pdf>
- Moreno, L., Ramón, A., y Such, M. (2016). Turismo colaborativo: ¿Está AirBnB transformando el sector del alojamiento? *Economistas*, 150. <https://tinyurl.com/2ut3fwmm>
- Salomão, A. (2024, December 5). ¿Qué es un estudio descriptivo y por qué es importante en la investigación? *Blog Mind the Graph*. <https://tinyurl.com/4n6trhvb>
- Sánchez, R. M. (2023). *Economía colaborativa*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9191490>
- Sastre-Centeno, J. M., y Galiana, E. I. (2019). La economía colaborativa: un nuevo modelo económico. *CIRIEC-España Revista De Economía Pública Social Y Cooperativa*, 94, 219–250. <https://doi.org/10.7203/ciriec-e.94.12109>

- Secretaría de Economía. (2025). *Servicios de Alojamiento Temporal y de Preparación de Alimentos y Bebidas: Salarios, producción, inversión, oportunidades y complejidad | Data México*. Data México. <https://tinyurl.com/yptbtmuj>
- Wang, X., y Cheng, Z. (2020). Cross-Sectional studies. *CHEST Journal*, 158(1), S65–S71. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.012>

VARIABILIDAD DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN EL ESTADO DE SINALOA, MÉXICO

Jesús Manuel Díaz Gaxiola

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis

jesus.dg@mochis.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6691-9410>

Janeth María Ocampo Cárdenas

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis

janethocampo-c@outlook.com

<https://orcid.org/0009-0009-6317-1249>

RESUMEN

Se evaluó la concentración de diversos contaminantes y su impacto en la salud y el medio ambiente durante el periodo marzo-mayo 2024 en 15 localidades, a través del satélite Copernicus de la aplicación Windy®. Se monitorearon parámetros como NO₂, PM_{2.5}, SO₂, CO, ozono superficial, aerosoles y masa de polvo, junto con variables meteorológicas que influyen en su dispersión. Los resultados destacaron una variabilidad espacial y temporal significativa de estos contaminantes, con la capa de ozono siendo el contaminante más prevalente, especialmente en zonas urbanas e industriales como Mazatlán y Culiacán. El PM_{2.5} también presentó valores altos, relacionándose con enfermedades respiratorias exacerbadas en áreas con alta densidad poblacional y actividad agroindustrial. Se identificaron correlaciones significativas entre variables meteorológicas (temperatura, humedad, presión y viento) y niveles de contaminantes, evidenciando que condiciones como la alta presión y baja humedad favorecen la concentración de partículas contaminantes en las mañanas, disminuyendo hacia el mediodía debido a la ventilación y aumento de temperatura. Pese a avances en normativas ambientales, se detectó incumplimiento en estaciones de monitoreo y desafíos para controlar emisiones, principalmente de fuentes móviles y fijas. El estudio enfatiza la importancia del monitoreo continuo, políticas ambientales robustas, tecnologías limpias y educación para mitigar los efectos adversos a la salud pública y mejorar la calidad del aire en Sinaloa.

Palabras clave: Contaminantes atmosféricos, Calidad del aire, Salud pública, Variables meteorológicas, Monitoreo ambiental.

ABSTRACT

The concentration of various pollutants and their impact on health and the environment were assessed during the period March-May 2024 in 15 locations using the Copernicus satellite and the Windy® application. Parameters such as NO₂,

PM_{2.5}, SO₂, CO, surface ozone, aerosols, and dust mass were monitored, along with meteorological variables that influence their dispersion. The results highlighted significant spatial and temporal variability in these pollutants, with the ozone layer being the most prevalent pollutant, especially in urban and industrial areas such as Mazatlán and Culiacán. PM_{2.5} also presented concerning levels, being linked to exacerbated respiratory diseases in areas with high population density and agro-industrial activity. Significant correlations were identified between meteorological variables (temperature, humidity, pressure, and wind) and pollutant levels, demonstrating that conditions such as high pressure and low humidity favor the concentration of polluting particles in the mornings, decreasing towards midday due to ventilation and increased temperature. Despite advances in environmental regulations, noncompliance at monitoring stations and challenges in controlling emissions, primarily from mobile and stationary sources, were detected. The study emphasizes the importance of continuous monitoring, robust environmental policies, clean technologies, and education to mitigate adverse effects on public health and improve air quality in Sinaloa.

Keywords: Air pollutants, Air quality, Public health, Meteorological variables, Environmental monitoring.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica se refiere a la presencia de sustancias químicas, partículas y microorganismos en el aire que pueden tener efectos adversos en la salud humana y en los ecosistemas. Entre los principales contaminantes atmosféricos se encuentran las partículas en suspensión (PM₁₀, PM_{2.5}), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃), y monóxido de carbono (CO), los cuales provienen principalmente de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, emisiones industriales y transporte vehicular (Álvarez et al., 2017; Organización Mundial de la Salud [OMS], 2024).

Estos contaminantes afectan la salud humana provocando enfermedades respiratorias, cardiovasculares, cáncer de piel (en el caso de la radiación ultravioleta derivada de la destrucción de la capa de ozono) y un aumento en la incidencia de asma, especialmente en niños (Ballester Díez, 1999; Álvarez et al., 2017; Ubilla y Yohannessen, 2017). Además, la contaminación atmosférica modifica la composición natural del aire y contribuye al calentamiento global y al cambio climático, afectando así la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos y terrestres (Moretti-Villegas, 2023; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2011).

Por tanto, la contaminación atmosférica representa uno de los riesgos ambientales más importantes para la salud pública y la integridad de los ecosistemas, lo que subraya la necesidad de monitorear y controlar los niveles de estos contaminantes para minimizar sus impactos negativos (Organización Panamericana de la Salud

[OPS]/OMS, 2025; SEMARNAT, 2011). En México, y particularmente en el estado de Sinaloa, las fuentes de contaminación incluyen actividades agroindustriales, minería, generación de energía, y el transporte vehicular, que contribuyen a elevados niveles de contaminantes atmosféricos con consecuencias adversas en la salud de la población, tales como enfermedades respiratorias crónicas y alteraciones celulares (Santibáñez-Andrade et al, 2024; Secretaría de Salud, 2022). Estudios recientes resaltan la importancia del monitoreo y análisis continuo de estos contaminantes para diseñar políticas ambientales efectivas y reducir la carga de enfermedad asociada (Baca-López et al., 2021).

La celebración del Día Mundial de la Protección de la Capa de Ozono el 16 de septiembre resalta la importancia de reducir la contaminación atmosférica, ya que sustancias como clorofluorocarbonos dañan la capa que filtra radiación ultravioleta nociva. La protección de la capa de ozono es clave para la salud humana y el equilibrio climático, relacionada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (United Nations, 2018) de la Agenda 2030. Destacan el ODS 3 (salud y bienestar), ODS 11 (ciudades sostenibles), ODS 12 (consumo y producción responsable) y ODS 13 (acción climática). Combatir la contaminación y reducir emisiones es esencial para un desarrollo sostenible que proteja ecosistemas y la salud global (Naciones Unidas, 2025; DKV, 2025).

Este estudio tiene como objetivo evaluar la variabilidad espacial y temporal de los principales contaminantes atmosféricos (NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Índice UV, SO_2 (mg/m^2), CO Concentración (ppbv), Aerosol (AOD), Capa de ozono (DU), Ozono superficial ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Masa de polvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)) en diversas localidades del estado de Sinaloa: (Choix [CX], El Fuerte[EF], Sinaloa de Leyva[SDL], Los Mochis[LM], Topolobampo[TP], Juan José Ríos[JJR], Guasave[GV], Guamúchil[GM], Mocorito[MC], Badiraguato[BG], Culiacán[CLN], Costa Rica[CR], Cosalá[CS], Elota[ELT] y Mazatlán[MZ]) durante el periodo marzo-mayo 2024, analizando su relación con variables meteorológicas (Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Humedad (%), Visibilidad (Km), Viento (KT=1 milla náutica), Rachas de viento (Kt), Presión (hPa)) y su impacto potencial en la salud pública y los ecosistemas.

2. METODOLOGÍA

La metodología emplea datos remotos obtenidos del satélite Copernicus a través de la aplicación Windy®, en dos horarios del día (06 am y 12:00 pm) y el uso de técnicas estadísticas robustas con el software PAST 5.2.1. (Hammer, 2025) para comprender mejor las dinámicas locales de contaminación y aportar información valiosa para la toma de decisiones ambientales. Todas las matrices de datos fueron sometidos a un análisis de normalidad y posteriormente se realizaron comparaciones a través del análisis de varianza (ANOVA) para saber si existen diferencias significativas en las concentraciones de contaminantes atmosféricos entre las localidades estudiadas, así como también se realizaron correlaciones entre

variables atmosféricas y la concentración de contaminantes por localidad para evidenciar alguna conexión entre variables. Además, se realizaron dendrogramas mediante análisis clúster para ver localidades similares en cuanto a cada contaminante atmosférico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadística descriptiva. Los datos analizados mayormente no presentaron una distribución normal ($P\text{value} < \alpha = 0.05$). La temperatura promedio a las 6 am en las localidades fue de 21.52°C , con una mínima de 9°C (CX) y máxima de 37°C (MC, BG y CLN). Para las 12 pm el promedio estatal fue de 31.99°C , siendo la más baja de 18°C para CX y la más alta de 42° en SDL. La humedad promedio a nivel estado a las 6 am fue de 55.23% , con un mínimo de 8% en CS y un máximo de 98% en GV y CLN. Mientras que a las 12 pm la humedad mínima fue de 5% en CX, EF y CLN, y la máxima se presentó en TP con 88% , el promedio estatal fue de 25.82% .

A las 6 am, la visibilidad promedio en el estado fue de 40.55 km con una mínima de 3.7 en MC y máxima de 86.7 en CR. Para las 12 pm, el promedio estatal fue de 47.99 km , con una mínima vespertina de 18.7 en ELT y máxima de 67.3 en CLN. El viento promedio fue de 2.83 KT , a las 6 am los valores mínimos fueron de 1 en LM, TP, JJR, GV Y GM y el máximo se presentó en TP con 12KT . Para las 12 pm el valor promedio estatal fue de 6.45 kT , siendo el más bajo de 1 KT para EF, SDL, GV y ELT y el valor máximo de 20 KT para TP.

Las rachas de viento promedio en el estado fueron de 8.51 Kt , mientras que a las 6 am los valores los valores mínimos fueron muy similares en prácticamente todo el estado con 4 KT y los máximos fueron de 25KT en SDL. Para las 12 pm, el promedio fue de 17.04 KT , con valores mínimos de 1 Kt en LM y máximos de 38 KT en CR. La presión promedio fue de 1012.58 hPa , con un valor mínimo a las 6 am de 1007 hPa y máximo de 1033 hPa ambos en TP. Para las 12 pm, el promedio fue de 1011.11 hPa con un valor mínimo de 1006 en 9 localidades y un máximo de 1019 hPa en LM.

La concentración promedio estatal de $\text{PM}_{2.5}$ fue de $7.44\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valor mínimo a las 6 am de $2\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ en ocho localidades del estado y un máximo de $25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ en BG. A las 12 pm el promedio estatal disminuyó a $6.04\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un mínimo de $0.1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ en CX y un máximo de $7.12\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ en ELT. Límite promedio a 24 horas es de $45\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que el límite promedio anual es de $12\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, según la NOM-025-SSA1-2021 (Secretaría de Salud, 2021), lo anterior evidencia que se cumple la concentración en dicha norma. WHO (2021) señala que el límite es de $75\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ por día, lo cual en nuestro estado nunca fue rebasado. Las directrices de la OMS/WHO (2021) orientan y son referencia para normas y objetivos que gestionen calidad del aire. Lin, et al (2024) encuentran evidencias de asociación entre $\text{PM}_{2.5}$ y enfermedades pulmonares en Pakistán.

El valor promedio de SO_2 fue de 2.032 mg/m^2 , con un valor mínimo a las 6 am de 0.38 mg/m^2 en CX y un máximo de 33.04 mg/m^2 en MZ. Para las 12 pm el valor promedio fue de 1.79 mg/m^2 con un valor mínimo de 0.22 mg/m^2 para CX y un máximo de 33.04 mg/m^2 para MZ. La norma NOM-022-SSA1-2019 (Secretaría de Salud, 2019) establece un límite promedio por 24 horas de 75 ppb ($196 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) y un promedio de $185 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ por 1 hora. Mientras que WHO (2021), establece que este contaminante no debe superar los $125 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en horas, por lo cual se considera al menos en el periodo monitoreado que su concentración es baja en Sinaloa.

Con respecto a la concentración de NO_2 en el estado se tuvo un promedio de $4.09 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, con un mínimo a las 6 am de $0.48 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en CX y un máximo de $11.22 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en CLN. En el horario de las 12 pm, se tuvo un promedio estatal de $0.65 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ y un valor mínimo de $0.1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en CX y máximo de $7.12 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en ELT. Según la norma NOM-023-SSA1-2021 el límite promedio anual es de 0.053 ppm ($100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) y el límite promedio de 1 hora es de 0.21 ppm ($395 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), por lo cual se aprecia que los valores obtenidos están dentro de los límites establecidos. Por su parte, WHO (2021) señala que el valor máximo permitido por 24 horas es de $120 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, el cual nunca fue sobrepasado.

El monóxido de carbono (CO) tuvo un promedio estatal a las 6 am de 149.76 ppbv, con un mínimo de 49 en BDG y máximo de 267 en CSL. Por la tarde el valor promedio fue de 115.65 ppbv con un valor mínimo de 14 en ELT y máximo de LM. La norma NOM-021-SSA1-2021 (Secretaría de Salud, 2021), establece un límite promedio de 8 horas a 9 ppm (10 mg/m^3) y el límite promedio de 1 hora: 35 ppm (40 mg/m^3). WHO (2021) establece un valor límite de 7 mg/m^3 en 24 horas de este gas contaminante. Los aerosoles promedio a las 6 am fueron de 0.096 AOD con un mínimo de 0.11 en BDG y un máximo de 0.421 en MZ. A las 12 pm el valor promedio fue 0.089 AOD con un mínimo de 0.006 y máximo de 1.097 en MZ. No existe una NOM específica para "aerosoles" en el ambiente; normalmente, los aerosoles atmosféricos se consideran como parte de los registros de $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} .

La capa de ozono a las 6 am registró un promedio de 290.72 DU con un valor mínimo de 206 para MC y máximo de 367 para CX. Para la tarde el valor promedio estatal fue de 293.48 DU con un mínimo de 204 para SDL y un máximo de 391 para TP. La capa de ozono no tiene un "límite ambiental" normado para concentraciones locales, pues este es un parámetro global monitorizado por acuerdos internacionales (Protocolo de Montreal, [PNUMA, 1987]), no por una NOM mexicana como tal. WHO (2021) establece que el valor máximo de O_3 en ocho horas es de $160 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

El ozono superficial o troposférico tuvo un promedio estatal a las 6 am de $51.90 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, siendo el mínimo de 20.8 en BDG y el máximo de 93.08 en LM. Para la tarde el promedio registrado fue de $92.14 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ con un mínimo de 37.94 en CX y el máximo fue de 120.34 en el EF. Por su parte, la norma NOM-020-SSA1-2021 (Secretaría de Salud, 2021) señala que el límite promedio a 1 hora es de 0.110 ppm

(213 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el promedio a 8 horas es de 0.070 ppm (137 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Por lo anterior, se prueba que no se sobrepasan dichos valores. La masa de polvo promedio en el estado a las 6 am fue de 3.79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un registro mínimo de 0.1 en varias localidades del estado, el valor máximo fue de 31.9 en EF. Por la tarde el promedio quedó de 4.48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un valor mínimo de 0.2 en seis localidades y un máximo de 92.37 en GM. No existe una NOM mexicana específica para "masa de polvo". El criterio regulatorio se fija generalmente a través de los límites de PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$. Wang, et al (2024) señalan que nitratos y materia orgánica conforman el $\text{PM}_{2.5}$ de neblinas invernales.

COMPARACIONES ENTRE LOCALIDADES

Se realizaron análisis de varianzas (ANOVA) entre localidades para comparar variables meteorológicas y contaminantes atmosféricos y con ello buscar diferencias significativas entre sitios. Todos los sitios analizados en los dos horarios tuvieron diferencias significativas ($P\text{value} < \alpha$) para las variables ambientales (Cuadro 1) y los contaminantes atmosféricos (Cuadro 2), lo cual indica que hay zonas con mayores valores o concentraciones de variables ambientales como de contaminantes atmosféricos.

Cuadro 1.- Valores de P correspondientes al ANOVA de variables meteorológicas por cada zona monitoreada.

VARIABLE METEOROLÓGICA	06:00 a. m.	12:00 p. m.
TEMPERATURA	0.05323	1.42E-65
HUMEDAD	8.91E-44	3.92E-201
VISIBILIDAD	6.87E-44	6.04E-85
VIENTO	1.70E-48	3.06E-47
RACHAS DE VIENTO	3.75E-10	1.47E-08
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	0.8828	0.001533

Cuadro 2.- Valores de P correspondientes al ANOVA de contaminantes por cada localidad analizada.

CONTAMINANTE	06:00 a. m.	12:00 p. m.
$\text{PM}_{2.5}$	8.65E-22	1.99E-61
SO_2	3.41E-25	4.86E-23
NO_2	6.23E-108	5.53E-46
CO	4.06E-71	8.19E-17
AEROSOL	0.07179	0.000504
CAPA DE OZONO	3.09E-21	1.54E-13
OZONO SUPERFICIAL	7.47E-50	0.0002636
MASA DE POLVO	3.18E-38	1.63E-17

CORRELACIONES

A los datos de las variables meteorológicas y contaminantes atmosféricos registrados en el estudio, se les sometieron a un análisis de correlación lineal con el método Pearson, con la finalidad de conocer posibles relaciones entre variables y contaminantes. En el horario de las 6 am se aprecian correlaciones moderadas a altas positivas (0.42 a 0.66) entre NO₂ y CO, viento y rachas de viento (0.64 a 0.78), temperatura y PM_{2.5} (0.49 a 0.57), PM_{2.5} y CO (0.58) en las localidades analizadas. La presión atmosférica y NO₂, ozono superficial y NO₂, temperatura y humedad, visibilidad y humedad, así como rachas de viento y NO₂ presentaron relaciones inversas moderadas (en el rango de -0.40 a -0.60) indicando que cuando una variable aumenta, la otra tiende a disminuir. Cuinica, et al, (2014) concluyen que el polen de plantas aumenta su potencial alergénico en presencia de CO, O₃ y SO₂. Para la tarde (12 pm) se observaron las siguientes correlaciones moderadas (valor de $r = 0.40$ a 0.60): Temperatura y NO₂, Visibilidad y CO, Humedad y aerosol, Capa de ozono y masa de polvo, ozono superficial y CO, humedad y PM_{2.5}, masa de polvo y PM_{2.5}, aerosol y PM_{2.5}, CO y NO₂, temperatura y PM_{2.5}, aerosol y SO₂; con excepción de vientos y rachas de viento con correlaciones altas ($r = 0.60$ a 0.80). Por otro lado, se aprecian correlaciones negativas o inversas en grado moderado ($r = 0.40$ a 0.60) entre los siguientes factores: humedad y temperatura, visibilidad y masa de polvo, visibilidad y aerosoles, visibilidad y PM_{2.5}, humedad y NO₂, humedad y capa de ozono

ANÁLISIS CLÚSTER O DE AGRUPACIÓN

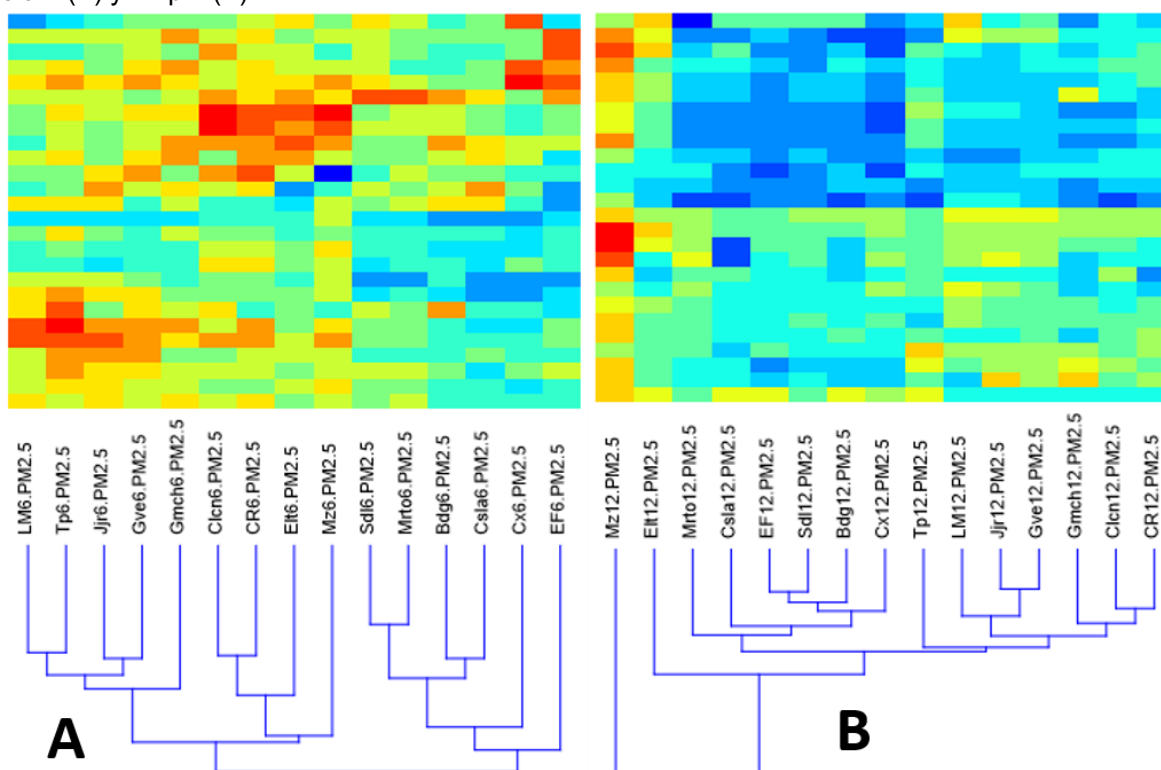
A las regiones estudiadas se les sometió a un análisis clúster mediante el índice de similitud euclidiano, agrupadas por el mismo tipo de contaminante atmosférico. Para PM_{2.5} a las 6 am, se observó la formación de 2 grupos (Figura 1 A): el primero contiene a LM, TP, JJR, GV, GMC, CLN, CR, ELT y MZ (localidades con niveles más altos de este contaminante) y el segundo engloba a SDL, MC, BDG, CS, CX y EF. Para la tarde (12 pm) MZ se coloca como la localidad con mayor concentración de este contaminante a lo largo del estudio (Figura 1 B).

Para SO₂ en la mañana, se aprecian dos grupos: el primero y con la carga más alta se conforma por CSL, ELT y MZ y el segundo grupo integrado por el resto de las localidades. Para las 12 pm, el análisis muestra que existen dos grupos, el primero contiene a las localidades con mayor concentración de este contaminante: ELT, MZ, TP, CS, CLN y CR, el resto de las localidades forman el segundo grupo con menor concentración. El comportamiento matutino de NO₂ fue el siguiente: CLN y CR destacan en un grupo como las localidades más contaminadas por este gas, el resto de las localidades se agrupan en un segundo grupo. Para la tarde, la única localidad que presentó mayor concentración a lo largo de estudio fue EF, dejando a las demás ciudades en otro grupo de menor concentración.

Al momento de evaluar la similitud de las localidades en cuestión de CO, a las 6 am, las dos ciudades cercanas (CLN y CR) se agruparon en un mismo clado, dejando al resto en un segundo grupo. A las 12 pm, el análisis segrega a EF con mayor concentración con referencia al resto de las demás localidades.

El análisis clúster a las 6 am con referencia a los aerosoles atmosféricos, separa a JJR del resto de las ciudades monitoreadas en este tiempo. A las 12 pm, SDL fue la población que registró los valores más elevados de estos aerosoles. Con respecto a la capa de ozono en la mañana, se mostraron dos grupos, en el primero se incluyen a MC, SDL, BG, CS, ELT, CR y CLN como las localidades con valores más bajos en este gas atmosférico. Para la tarde, TP fue separado por sus valores altos, aunque todos los lugares monitoreados presentaron valores por encima de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El ozono superficial a las 6 am agrupó a las localidades de LM, JJR, GV, MZ y TP como el grupo con más altos niveles de O_3 troposférico.

Fig. 1. Análisis de agrupación entre localidades por mismo tipo de contaminante en diferente horario: 6 am (A) y 12 pm (B).



Para la lectura de las 12 pm, CS y TP fueron los lugares con los niveles más bajos, mientras que el resto de las comunidades estudiadas presentaron valores elevados. Devrajani, et al, (2020) presentan un análisis exhaustivo de cómo los contaminantes gaseosos del aire, tales como dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y ozono (O_3), afectan el rendimiento y la calidad de los cultivos agrícolas en países en desarrollo, en especial este último gas. La concentración de masa de polvo a las 6 am, separó a todas las localidades de EF quien resultó tener mayor concentración

de este parámetro atmosférico. Por otro lado, la lectura de las 12 pm muestra que fue GM el que tuvo las máximas concentraciones y quedó separado en un grupo, dejando al resto de las localidades en un segundo grupo con valores más bajos. Sanaei, et al, (2023) establecen que cambios en la biodiversidad de plantas afectan en emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), alterando climas y lluvias.

4. CONCLUSIONES

El análisis en Sinaloa muestra que la contaminación atmosférica varía espacial y temporalmente, requiriendo estrategias específicas para cada localidad. La interacción de factores meteorológicos y contaminantes demanda un manejo adaptativo para optimizar medidas. Aunque algunos contaminantes están dentro de normas, las elevadas concentraciones de PM_{2.5} y ozono superficial representan riesgos para la salud, exacerbados por el crecimiento urbano y cambio climático. La regulación insuficiente de fuentes móviles e industriales y la falta de vigilancia efectiva evidencian la necesidad de fortalecer normas, inspección y participación ciudadana. Se requiere integrar áreas técnicas, científicas y administrativas para políticas más efectivas que incluyan educación ambiental y tecnologías limpias. La protección a largo plazo de la salud y ecosistemas locales implica una gestión colaborativa y adaptativa para anticipar y reducir impactos futuros en un contexto de desarrollo regional sostenible y cambio ambiental global.

5. REFERENCIAS

- Álvarez, I. A., Méndez Martínez, J., Bello Rodríguez, B., Benítez Fuentes, B., Escobar Blanco, L. M., & Zamora Monzón, R. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. *Revista Médica Electrónica*, 39(5).
- Baca-López K.; Fresno C.; Espinal-Enríquez J.; Martínez-García M.; Camacho-López M.A.; Flores-Merino M.V.; and Hernández-Lemus E (2021). Spatio-Temporal Representativeness of Air Quality Monitoring Stations in Mexico City: Implications for Public Health. *Front. Public Health* 8:536174. doi: 10.3389/fpubh.2020.536174.
- Ballester Díez, F. (1999). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud. *Revista Española de Salud Pública*, 73(2), 99-110. <https://doi.org/10.1590/S1135-57271999000200002>
- Cuínica L.G., Abreu I., Esteves da Silva J. (2014). Effect of air pollutant NO₂ on *Betula pendula*, *Ostrya carpinifolia* and *Carpinus betulus* pollen fertility and human allergenicity. *Environ Pollut. Mar*;186:50-5. doi: 10.1016/j.envpol.2013.12.001. Epub 2013 Dec 20. PMID: 24361564.
- Devrajani, S.K.; Qureshi, M.; Imran, U.; Nisa. T.I. (2020). Impact of Gaseous Air Pollutants on Agricultural Crops in Developing Countries: A review.. *Journal of Environmental Science and Public Health* 4: 71-82.

- DKV. (2025, junio 10). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la contaminación. <https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/contaminacion/los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-y-la-contaminacion-atmosferica>.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Lin, S.; Xue, Y.; Thandra, S.; Qi, Q.; Hopke, P.K.; Thurston, S.W.; Croft, D.P.; Utell, M.J.; Rich, D.Q. (2024). PM2.5 and its components and respiratory disease healthcare encounters – Unanticipated increased exposure-response relationships in recent years after environmental policies, *Environmental Pollution*, Volume 360. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124585>.
- Moretti-Villegas, L. F. (2023). Contaminación ambiental y sus efectos en la salud pública. *Revista Venezolana de Salud Pública*, 21(3), e2023003.
- Naciones Unidas. (2025). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2024). Contaminación del aire ambiente (exterior) y salud. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Organización Panamericana de la Salud (OPS)/Organización Mundial de la Salud (OMS). (2025). Calidad del aire. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (1987). *Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono*. <https://www.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol>.
- Sanaei, A., Sayer, E. J., Yuan, Z., Saiz, H., Delgado-Baquerizo, M., Sadeghinia, M., Ashouri, P., Ghafari, S., Kaboli, H., Kargar, M., Seabloom, E. W., & Ali, A. (2023). Grazing intensity alters the plant diversity–ecosystem carbon storage relationship in rangelands across topographic and climatic gradients. *Functional Ecology*, 37, 703–718. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14270>
- Santibáñez-Andrade, M.; Quezada-Maldonado, E.M.; Quintana-Belmares, R.; Morales-Bárceñas, R.; Rosas-Pérez, I.; Amador-Muñoz, O.; Miranda, J.; Sánchez-Pérez, Y.; García-Cuellar, C.M. (2024). Sampling, composition, and biological effects of Mexico City airborne particulate matter from multiple periods, *Science of The Total Environment*, Volume 926. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171933>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2011). Informe del medio ambiente. Gobierno de México.
- Secretaría de Salud (SSA). (2019). NOM-022-SSA1-2019: Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO₂). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Ciudad de México. SSA.

- Secretaría de Salud (SSA). (2021). NOM-025-SSA1-2021: Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Ciudad de México. SSA.
- Secretaría de Salud (SSA). (2021). NOM-020-SSA1-2021: Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O3). Valores normados para la concentración de ozono (O3) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Ciudad de México, SSA.
- Secretaría de Salud (SSA). (2021). NOM-023-SSA1-2021: 1, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO2). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO 2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Ciudad de México. SSA.
- Ubilla, C. y Yohannessen, K. (2017) Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Los Condes*. DOI: 10.1016/j.rmclc.2016.12.003
- United Nations, (2018). The 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals: An opportunity for Latin America and the Caribbean (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago, 94 p.
- Wang, R., Ye, X., Huang, W., Lv, Z., Yao, Y., Yang, F., Liu, Y., Huo, J., Duan, Y. (2024). Long-term Trends of PM_{2.5} Composition during Cold Seasons in Shanghai after Releasing Clean Air Action Plan. *Aerosol Air Qual. Res.* 24, 240085. <https://doi.org/10.4209/aaqr.240085>.
- WHO. (2021). global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization. Licence: CCBY-NC-SA 3.0 IGO.

FORMULACIÓN DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS NITROGENADOS (FLN) COMO OPCIÓN DE ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN EL FERTIRRIEGO

Santiago Manuel López Araujo

Universidad Autónoma Indígena de México

lopezaraujosantiago@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3366-7093>

Jesús Ramón Rodríguez Apodaca

Universidad Autónoma Indígena de México

jramon@uaim.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3609-1958>

Adalid Graciano Obeso

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave

adalid.go@guasave.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6262-4914>

Alma Lorena Quintero Romanillo

Universidad Autónoma Indígena de México

lorenaquintero@uais.edu.mx

<https://orcid.org/0000-002-0849-0054>

Elvia Nereyda Rodríguez Saucedo

Universidad Autónoma Indígena de México

elviaro@uaim.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5672-664X>

RESUMEN

El uso de los fertilizantes o nutrientes vegetales, actualmente en el sector agrícola, y en especial el cultivo de granos como el maíz (*Zea mays*), lleva consigo la responsabilidad ser eficiente lo mejor posible en su aplicación. Esto debido a que actualmente en la agricultura, se busca la mejor eficiencia y la mayor producción agrícola, por lo que, en la práctica en campo, se agregan en cantidades desiguales o en excesos; lo cual en su momento los agricultores desconocen los riesgos tanto para ellos como para el ambiente. Uno de los métodos de aplicación que han mostrado más eficiencia en la aplicación de un producto nitrogenado líquido (PNL), es la fertirrigación (un proceso de mezclado de agua-fertilizante), el cual presenta mayor comodidad durante el manejo llegando así hasta la planta directamente, lo cual pone los nutrientes al alcance de ella. El objetivo de la presente investigación es, la formulación de tres fertilizantes nitrogenados líquidos, basados en la literatura citada hasta el presente, con el fin de determinar cuál podría ser una alternativa al

aplicarlo con el método de fertirriego. De toda la investigación realizada solo se reporta el uso de un tipo de fertilizante líquido denominado UAN 32, pero no establece su formulación, ni las dosis de uso comparado con granulares como la urea, que es el fertilizante más usado convencionalmente. Finalmente, se obtuvieron tres formulaciones nitrogenadas líquidas con las mismas proporciones de UAN 32, el cual se pretende evaluar en campo abierto en cultivos de cereales como el maíz.

Palabras clave: maíz, nitrógeno (N), fertirrigación, eficiencia, agricultura sostenible, aminoácido

ABSTRACT

The use of fertilizers or plant nutrients, currently in the agricultural sector, particularly in the cultivation of grains such as corn (*Zea mays*), carries with it the responsibility to be as efficient as possible in its application. This is because modern agriculture seeks the highest efficiency and greatest crop production, meaning that, in field practice, they are often added in uneven or excessive amounts; which, at the time, farmers may not be aware of the risks to themselves or the environment. One of the application methods that has shown the most efficiency for applying a liquid nitrogen product (LNP) is fertigation (a water-fertilizer mixing process), which offers greater convenience during handling and delivers nutrients directly to the plant, making them readily available. The objective of the present research is the formulation of a liquid nitrogen fertilizer, based on the literature cited so far, in order to determine what could be an alternative when applied using the fertigation method. Of all the research conducted, only the use of one type of liquid fertilizer called UAN 32 is reported, but its formulation is not established, nor are the usage doses compared to granular fertilizers like urea, which is the most commonly used conventional fertilizer. Finally, a liquid nitrogen formulation with the same proportions as UAN 32 was obtained, which is intended to be evaluated in open field conditions in cereal crops such as corn.

Keywords: corn, nitrogen (N), fertigation, efficiency, sustainable agriculture, amino acid

1. INTRODUCCIÓN

Para poder entender la formulación, utilización y evaluación en los estudios de los fertilizantes nitrogenados, tenemos que acercarnos a las diferentes teorías, artículos y proyectos, que son referencia al tema de fertilizantes nitrogenados y que es conocido como el estado del arte, y que este mismo nos lleva al desarrollo de una investigación, en el uso y aprovechamiento sostenible del fertilizante nitrogenado usado para el cultivo del maíz (*Zea mays*). Considerando, además el planteamiento de la reducción de los efectos de contaminación, el cual es provocado por el uso excesivo de este tipo de fertilizante. Esta forma de mitigar los efectos de estos, y

auxiliar al medio ambiente, es mediante el uso de técnicas sostenibles, sustentables y eficientes, en el manejo de los fertilizantes (NNUU, 2020); proponiendo a la fertirrigación, como medio de aplicación de un FLN, para el ahorro en el uso del nutriente, el uso del agua y cuidado del medio ambiente.

La formulación de un fertilizante líquido con concentración equivalente al 30 % de nitrógeno (N), podría ser la forma más utilizable y asimilable en los cultivos. Considerando, los aspectos económicos, social y ambiental, que son el cimiento del desarrollo sostenible, y que nos encamina al cumplimiento de políticas ambientales internacionales como las planteadas en la Agenda 2030 (NNUU, 2015), específicamente en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) como lo son el ODS 2, que hace referencia directa en una agricultura sostenible vista por Morillo (2022), entre otros investigadores. Es importante comentar, que diversas investigaciones hacen observación sobre la fertirrigación, mencionando que es un avance en el cuidado de las pérdidas por uso excesivo de fertilizantes (SIAP, 2016) complementado con SADER (2023), en el que se menciona la importancia de contribuir en el cuidado del campo agrícola mexicano ante una constante alza en la escasez en alimentos provocados por los cambios climáticos y la degradación de los recursos naturales, además de eficientar el uso del agua y particularmente, el evitar contribuir en la generación de gases invernadero (NNUU, 2022).

Con todo y lo anterior en este tema, se genera una hipótesis de trabajo sobre la evaluación de la aplicación de FLN, los cuales podrían ser más eficientes, con respecto al uso del fertilizante nitrogenado sólido, conocido como urea; considerando, además, que es posible el hacer un mejor uso del recurso agua.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), en el 2015, dejó instalada la Agenda 2030, que trata sobre los ODS con los cuales se establecen las oportunidades para que los países y sus sociedades, emprendan un nuevo camino para mejorar la vida y el bienestar de las personas, cuidando de evitar dejar a alguien rezagado (NNUU, 2021). Como lo menciona Morillo (2022), dentro de esta agenda, han quedado establecidos 17 objetivos que permiten trabajar de una forma muy detallada en los temas sobre superación de niveles de desarrollo en las diferentes áreas como sociales, políticas y económicas. Estos 17 ODS, se relacionan y agrupan, en las áreas en las que más se observan las debilidades de todos los pueblos. Los cuales son: ODS 1: Fin de la pobreza mundial y total; ODS 2: Hambre cero, manteniendo la seguridad alimentaria, mediante la agricultura sostenible; ODS 3: Salud y bienestar de todas las personas, niños y adultos; ODS 4: Educación de calidad; ODS 5: Igualdad de género; ODS 6: Agua limpia y saneamiento, tanto calidad como disponibilidad; ODS 7: Energía segura no contaminante; ODS 8: Trabajo decente con lo que implica crecimiento económico; ODS 9: Industria, innovación e infraestructura; ODS 10: Mitigar y reducir las desigualdades entre los países; ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles; ODS 12: Producción y consumo responsable; ODS 13: Acciones por el clima, ODS

14: Conservar los océanos y mares con su vida submarina; ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres conservando la biodiversidad; ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas; y por último, el ODS 17: que trata del mutuo apoyo en alianzas para lograr los objetivos establecidos en la Agenda 2030 por la ONU (ONU México, 2015).

Bajo este contexto, Mier et al. (2023), nos menciona que unos de los sectores de más importancia en América Latina (AL), es la agricultura; ya que esta actividad está integrada en el Producto Interno Bruto (PIB) de cada país. Es por esto que en lo específico la agricultura sostenible, contempla un enfoque en los aspectos, económicos, sociales y ambientales; por lo que se busca efficientar al máximo la producción agrícola y mantenerla a largo plazo, reduciendo al momento el impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana. En AL, el desarrollo de una agricultura sostenible, se ha convertido en una verdadera meta de importancia para muchos países, que buscan complementar la necesidad de alimentos internamente en cada una de sus regiones.

Por otra parte, también se hace referencia en el informe de la ONU (2022); titulado “Efectos de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud y formas de reducirlos”, la conexión con los ODS, en cuanto al uso de plaguicidas y fertilizantes; y nos recuerda resumiendo, en el ODS 2, que la clave ideal, es realizar un manejo más eficiente, rentable y sostenible de los plaguicidas y fertilizantes, es decir un mejor uso de estos; evitando pérdidas tanto económicas como de productos que generaran contaminación; en el ODS 3, el uso de los estos, es una garantía de acceso a alimentos seguros, nutritivos y en cantidades bastas, correspondiendo también a un uso eficiente y cuidadoso del medio ambiente sin excesos; para el ODS 6, bajar los niveles de contaminación del agua, por el uso de fertilizantes y plaguicidas, para lo cual es importante un uso eficiente y el manejo adecuado de los residuos; ODS 8, reducción de riesgos laborales, derivados del el uso de plaguicidas y fertilizantes, que desarrollan enfermedades derivadas desde luego por el contacto continuo con estos insumos, carga y descarga manual; ODS 9, investigación y desarrollo de técnicas innovadoras, para la gestión de los nutrientes y el control de plagas, aplicaciones cada vez más concretas y eficientes, buscando formas más fáciles y de mejor asimilación de los insumos, como el fertirriego; ODS 12, mitigar lo más posible los efectos de los plaguicidas y los fertilizantes, en los recursos naturales, ODS 13, reducción de las emisiones de gases de calentamiento o de invernadero, asociadas al uso de fertilizantes, esto mediante su uso consiente de los fertilizantes, para salvar los bosques y la adopción amplia de prácticas integradoras en la agricultura, que aumenten la productividad sostenible de los agricultores, así como la fortaleza frente al clima, en el ODS 14, minimizar la contaminación de los mares y océanos, por nutrientes y contaminantes en los fertilizantes, el ODS 15, minimización de las consecuencias ambientales del uso de plaguicidas y fertilizantes, ODS 17, mejorar el intercambio de conocimientos sobre

la gestión de plaguicidas y nutrientes, entre los interesados pertinentes (NNUU, 2023 y 2024).

Por otro lado y en el contexto local, el Consejo para el Desarrollo de Sinaloa (CODESIN), en su reporte a junio del 2022 (Sinaloa en Números, 2022), hace mención que el estado de Sinaloa, es principal productor de hortalizas como tomates, chile, papa, y en el cultivo de granos, particularmente es productor de maíz (*Zea mays*); es importante la sostenibilidad y la eficiencia en la aplicación de nutrientes o fertilizantes, y que dicha importancia radica, en que los fertilizantes, conformados por macronutrientes como el Nitrógeno (N), Fósforo (F) y Potasio (P), intervienen en procesos importantes como germinación, desarrollo, crecimiento y producción. En el caso de los nutrientes vegetales nitrogenados, para este tipo de cultivo, son de suma importancia, porque están intervienen en procesos como la fotosíntesis, proceso por el cual los cultivos obtiene la energía necesaria para cumplir con su ciclo de crecimiento. Para el cultivo exclusivo de maíz, este nutriente en particular es el máspreciado en el proceso de fertilización.

En sus estudios, Díaz-Vásquez et al. (2022), nos comenta, que la alta producción de los cultivos, depende fuertemente de la nutrición que se les dé, porque con ello, se desarrolla el propio cultivo; en consecuencia, el sector agrícola en el mundo, tiene una problemática como el aumento en los costos de dichos fertilizantes además de los problemas de decadencia y deterioro de la superficie cultivable, empobrecimiento del contenido mineral del suelo y por último, baja producción del cultivo (CEPAL, 2018).

Además, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2016), indica que el fertirriego, es la combinación de agua y fertilizantes, para nutrir los cultivos, y las ventajas que indica son varias, baja los costos de aplicación de fertilizante por hectárea, esto porque se utiliza el mismo equipo de riego. A su vez, esto contribuye a la reducción del daño en los cultivos, al poderse aplicar los nutrientes en forma exacta y uniforme, haciendo que el uso de fertilizantes líquidos, sea más fácil en su distribución y logística según el sector privado. También, considerando que las investigaciones experimentales de estas fórmulas líquidas nitrogenadas, nos mencionan que se reducen las pérdidas de amoníaco, en comparación con urea granular (Melgar y Torres Duggan, 2014).

Por otra parte, también se define el fertirriego como una técnica que ayuda, entre sus beneficios, el nutrir de mejor forma los cultivos en cualquiera de sus etapas, mejorando su calidad final y reduciendo la contaminación en aguas subterráneas (El Financiero, 2022). Además, se describe el uso de la fertirrigación, como sistema de riego avanzado, y que nos permite hacer llegar los nutrientes que las plantas requieren de manera más eficiente. Redundado más, en el tema sobre el FLN más usado, se hace una breve descripción de la fórmula conocida como UAN (urea-nitrato de amonio), formulado con urea y nitrato de amonio (Melgar y Torres Duggan, 2014), el N32, que es una expresión sobre un líquido que contiene los tres tipos de

N (ureico, amoniacal y nítrico) (Vera, 2002), y sus concentraciones van desde el 20 % al 32 % respectivamente en N (Palgrave, 1991).

Durante el análisis documental, se observa que el fertilizante conocido como urea, es el fertilizante nitrogenado más empleado para los cultivos, por ser fuente más económica; y que contiene el 46 % de N ureico. Pero este tipo de N, requiere de un proceso de degradación, una vez colocado en el suelo del cultivo, otro conocido como nitrato de amonio con el 33 % de N, seguido por el sulfato de amonio (SAM) con 21 % N y 24 % de azufre como sulfato (S04). También, contamos con el nitrato de calcio que, además de agregar el 12 % de N, agrega un 24 % Calcio (Ca), a los cuales los conocemos como fertilizantes químicos (Sadeghian y Osorio, 2022), y su aplicación por ser granulares sólidos, se hace en forma física; solos o combinados. Además, el fertilizante más conocido y económico es la urea el cual tiene desventaja al aplicarse al cultivo, ya que se fuga o pierde la mitad de nutrientes contenidos, según Lassaletta et al. (2021). Por este motivo, los agricultores tienen la costumbre de agregar más cantidad, lo cual hace de esto, un problema para el campo porque se generan pérdidas económicas para el agricultor por el excedente de este fertilizante. Esto se combina con la poca asimilación del N por el cultivo; y para sumarle a este método de utilización de la urea, se podrían considerar las pérdidas de N por su uso excesivo, dando como resultado la formación de gases invernadero, entre los que encontramos el óxido de nitrógeno, que es uno de los principales generadores de calentamiento global, como se menciona en Quemada y Gabriel (2023).

Siguiendo con la descripción de la utilización de las fórmulas sólidos granulares de los productos nitrogenados, para su utilización en agricultura, se tienen que considerar, además, las pérdidas del N aplicado por la conversión realizada por los microorganismos en el suelo, causando mineralización, lo cual se refleja aún más pérdidas de N disponible para la utilización de la planta (Larios-González et al., 2021).

Con lo anterior, podemos mencionar una alternativa para el estudio de los compuestos nitrogenados para uso agrícola, como lo es el empleo de los fertilizantes utilizando otra vía de administración como la forma líquida, a través de las técnicas de fertirriego, la cual podría dar mejores resultados de asimilación de nutrientes aplicando las dosis adecuadas (Camarillo et al., 2021). Esto, abre un tema de investigación para el estudio de la forma de aplicación del compuesto nitrogenado y de los indicadores para la evaluación del mismo en el cultivo aplicado, y el cual pudiera ser un mejor método para fertilizar que el uso de la urea al boleó o en aplicación física sólida tradicional.

Por otra parte, podemos definir en forma general que un indicador, es aquel que nos da el resumen de la información obtenida y evaluada, con la cual se registra el avance de los procedimientos y técnicas, realizados en la investigación, y que son aceptables y positivos (Arias González et al., 2022). En este caso de este estudio y

bajo el contexto, los indicadores que nos interesan son los aplicados a campos agrícolas y de los cultivos que nos ayuden a realizar comparaciones entre las diferentes dosis de aplicaciones de fertilizante líquido nitrogenado, contra la dosis de un fertilizante sólido, en las mismas proporciones nutrimentales.

Referente a las evaluaciones en los cultivos de grano como el maíz, los indicadores para las mediciones de efectividad de los nutrientes, se toman en cuenta para llevar un control detallado de la respuesta a la fertilización, como indicadores de crecimiento, afirma González-del-Cid et al. (2021), tanto como la altura de planta, diámetro de tallo, número de flores; también al finalizar la cosecha se toma en cuenta como indicador a la propia cosecha, y sus indicadores como lo son número de frutos, diámetro y peso fruto. A la par, Guamán et al. (2020) en sus investigaciones, han evaluado las variables rendimiento por hectárea, como la longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca y peso de la mazorca, número de hojas, altura de la planta, altura de inserción a la mazorca, y mazorcas por planta. Otros métodos relacionados sobre indicadores del crecimiento en el caso de otros cultivos con fertilización nitrogenada Vargas et al. (2023) contempla la altura de planta, diámetro, tiempo de cosecha, número de frutos, peso y rendimiento.

Como objetivo principal de esta investigación, es encontrar información que nos pudiera ayudar e indicar la formulación, o los pasos a seguir para establecer un producto líquido nitrogenado, formulado con una concentración mínima del 30% (30-0-0) o mayor; con el fin de poder aplicarlo al cultivo de maíz, y observar comparaciones en distintas dosis contra el fertilizante normalmente usado o convencionalmente usado en este caso la urea como fuente de N. En un futuro próximo la información aquí encontrada o recabada, más el proceso de formulación, se emplearán en un proyecto de investigación más cercano al campo agrícola (aplicación a campo experimental abierto), implementando el uso del sistema de fertirriego y al mismo tiempo, la utilización de una dosis de los diferentes productos líquidos nitrogenados formulados.

Pues bien, el principal motivo de la formulación de un nutriente líquido nitrogenado con una cantidad mínima del 30% en N en volumen, es el de buscar alternativas de fertilización para el campo. Para fines de investigación y por conveniencia del grupo de estudio, el cultivo de ensayo es el maíz principalmente. Con esto, así establecer un proceso más beneficioso que permita; el ahorro del fertilizante, menos contaminación e impacto ambiental y el mejor uso del agua; y que, por medio del fertirriego, nos permitirá hacer más sostenible las aplicaciones de fertilizante y el insumo agua.

2. METODOLOGÍA

Durante la investigación presente, se dividió en dos momentos metodológicos importantes para su desarrollo; la búsqueda de información en bases de datos y la segunda, la formulación de un FLN.

La primera parte, consistió en la búsqueda de la información documental en la que se basa la teoría de la formulación, utilización y evaluación en los estudios de los FLN.

Empleando la metodología PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*), la cual consiste en la búsqueda de las palabras claves que se relacionan tanto directamente como indirecta del tema de investigación del estado del arte (Page et al. 2021) en la aplicación sostenible de FLN en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) y apoyados en trabajos anteriores dentro del grupo de trabajo se procedió a realizar la búsqueda de información documental en las bases de datos de libre acceso para revisar las diferentes formulaciones, utilización y evaluaciones de FLN reportados en la literatura.

La segunda parte, se basó en la propuesta de desarrollo para la formulación de un FLN.

Con base, en la información de la revisión, análisis y evaluación de la literatura consultada, se encontró información valiosa sobre los nutrientes que se mencionan, como fuentes de N; estos son sulfato de amonio estadar (SAM) (21-0-0-24s), urea granular (46-0-0), nitrato de amonio (33-0-0), fosfonitrato (33-03-0) y sulfonit (33-0-0-3s).

A su vez, y utilizando concentraciones basadas en las fuentes consultadas, se realizaron tres procesos de mezcla física, con el fin de desarrollar una formulación propia de FLN, que contendrían mínimamente un 30% de N por litro, utilizando como diluyente agua destilada.

La metodología para la formulación se basó en los pasos siguientes para cada formulación:

En lo general, para la preparación de las tres fórmulas nitrogenadas se realizaron en un laboratorio de química equipado con extractores y campana de trabajo para su adecuada ventilación. Además, de la utilización de equipo de protección como la mascarilla-respirador con anteojos de seguridad y filtros especiales. Esto, con el objetivo de salvaguardar la salud e integridad física al momento de realizar cada formulación, evitando la exposición a gases y vapores, de tipo químicos y agrícolas emanados durante el proceso de disolución.

Formulación 1

Se utilizó un vaso de precipitados, totalmente limpio como recipiente para la formulación. Se agregó agua destilada como diluyente, manteniendo un porcentaje que debe contener y que deberá estar entre los 22 y 25% del volumen total a producir; es decir si desea producir 175 g de fertilizante líquido, le corresponde agregar 37.5 g de agua destilada. Posteriormente, se llevó a cabo la determinación de la cantidad primer nutriente utilizado; basada en las propiedades hidroscopias y su concentración. En este caso la urea (46-0-0), es uno de los fertilizantes más fuertes en esta propiedad, precedido del SAM (21-0-0-24s). Acto seguido, fueron agregados 65.90 g al medio de dilución; para este caso solo agua destilada, en el

vaso de precipitados inicial. Una vez finalizada la dilución del primer ingrediente nitrogenado, se agregó la segunda fuente nitrogenada, que corresponde al fertilizante, que aparte de ser higroscópico, debe de contener un grado de solubilidad alto; esto es necesario para lograr la solubilidad con lo que ya se empleó anteriormente en este proceso que, generalmente le corresponde al nitrato de amonio (33-0-0), sulfonit (33-0-0-3s) o fosfonitrato (33-03-0), una cantidad de 71.44 g. Es posible que dependiendo de las condiciones climáticas o ambientales del lugar donde se formule ocupara calentar previamente el agua destilada inicial mínimamente a 45°C.

Generalmente, este tipo de mezclas nitrogenadas genera una disolución con propiedades endotérmicas, es decir, la mezcla homogénea utiliza la energía de sus alrededores para mejorar la disolución de los componentes sólidos; esta propiedad física, causa un efecto de enfriamiento de la mezcla. Finalmente, llevada a cabo la homogenización de la mezcla que contiene el fertilizante, se procedió a medir la densidad de la mezcla homogénea, la cual debe presentar medidas entre los 1.29 – 1.32 kilogramos por litro (Kg/L).

Formulación 2

Se mantiene dentro de un rango de 45 a 50°C el agua destilada utilizada como diluyente. Se procede al pesado de 180 g de mezcla nitrogenada. La formulación se realiza agregando 42 g de agua destilada a un vaso de precipitado con capacidad de 500 mL, manteniendo la temperatura en rango antes mencionado, se agregan 9 g del primer nutriente que correspondería al SAM (21-0-0-24s) y el cual es un fertilizante muy soluble en agua, se agita suavemente. Una vez diluido este ingrediente nitrogenado, continuar con el segundo elemento que corresponde al producto fosfonitrato (33-03-0), del cual se pesan 74 g, se agrega a la mezcla anterior y se sigue con la agitación. Para finalizar la formulación, se agrega el último elemento nitrogenado que corresponde al de mayor contenido de N como materia prima; y esta es la urea granular (46-0-0) de la cual se pesan 60 g, se agrega a la mezcla anterior y se mantiene en agitación hasta diluir por completo bajo el mismo criterio de temperatura al rango mencionado al inicio. Los datos de formulación arrojan una mezcla que contiene mínimamente el 30% de nitrógeno por litro, además de una densidad cercana al rango de 1.29 a 1.31 Kg.L⁻¹; que contendría N nítrico, amoniacal y ureico.

Formulación 3

Para el proceso de esta formulación, previamente se diluirá un ingrediente orgánico comercial el cual contiene aminoácidos al 45% y que es su fuente principal de N. Esta fórmula, contendrá aminoácidos libres que contribuyen en los procesos metabólicos de los cultivos. Para una formulación de 175 g de mezcla nitrogenada; se pesan 33 g de agua destilada, se agregan a un vaso de precipitados con capacidad de 500 mL. Se pesan 3 g de aminoácidos comerciales al 45%, se agregan lentamente al vaso de precipitados que contiene el diluyente,

posteriormente se agita lentamente para evitar que el polvo de los aminoácidos se pegue en la pared del recipiente. Diluidos estos, y manteniendo la temperatura de calentamiento en rango de 45-50°C, se procede a agregar el primer ingrediente nitrogenado sólido, correspondiente al SAM (21-0-024s), del cual se agregan 5 g; agitar levemente para diluir por completo este ingrediente. Continuar con el siguiente material que corresponde a fosfonitrato (33-03-0) en razón de 78 g, aun manteniendo la temperatura en los rangos comentados líneas arriba. Agitar hasta diluir por completo. Posteriormente, continuar con el último ingrediente que es la urea (46-0-0), del cual se pesan 59 g, se agregan a la mezcla y se mantiene en agitación, manteniendo el mismo rango de temperatura. Agitar hasta diluir por completo. Al finalizar el mezclado, se obtendrá una mezcla homogénea que contiene N con un mínimo de 30% por litro, con una densidad en rango de 1.29 a 1.33 kg.L⁻¹.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Referente a la búsqueda bibliográfica realizada, los artículos seleccionados apropiados por tener información relevante sobre el cultivo de maíz y la fertilización nitrogenada, hacen hincapié también en las diversas formas en que las tierras de cultivo son tratadas previamente antes de la siembra, complementando la investigación en referencia en cómo es preparada antes de agregar la semilla, entre esta preparación se encuentra la limpieza, arado y acondicionamiento de área de siembra, también se toma en cuenta la cantidad de plantas o población por hectárea o metro lineal, así como la fertilización que en su mayoría se realiza convencionalmente, esto es utilizando fertilizantes granulados nitrogenados (FGN) como fuente de la nutrición del cultivo de maíz.

A continuación, examinamos las partes más esenciales de estos trabajos de investigación.

En trabajos como el de Sánchez et al (2023), “Efecto de la densidad de población y la fertilización sobre la productividad del agua y rendimientos de híbridos de maíz en el Valle de México”, uso métodos estadísticos como bloques al azar y en dos densidades de siembra e indicando tres tipos de tratamientos de fertilización N y P, los cuales fueron evaluados en el cultivo y su reacción de estas en el propio crecimiento del maíz.

En cambio, Barbieri et al. (2023), hace hincapié en las “Perdidas de nitrógeno por volatilización y eficiencia de uso en maíz desde urea aplicada en diferentes momentos”, con una densidad de 70,000 plantas por hectárea, utilizando un diseño experimental de bloques completos aleatorios y un arreglo factorial de 3 X 2; la fertilización nitrogenada fue también en dos fracciones, una cuando la planta tenía tres hojas y el resto cuando el cultivo alcanza seis hojas; los resultados fueron basados en la concentración de N en grano y el rendimiento total del cultivo.

Paralelamente, Núñez-Ramírez et al. (2020), en su trabajo titulado “Tensión de humedad del suelo, crecimiento, eficiencia en el uso del agua y rendimiento de maíz cultivado en el noroeste de México”, aparte de realizar su experimento en bloques al azar en el punto de la fertilización se fertilizó con N y P, la fuente de fertilizante fue SAM, MAP, UAN 32, y urea. Los resultados, fueron obtenidos a través de variables que se establecieron en la investigación tal como altura y el número de hojas de diez muestras de plantas en cada sub parcela.

Por otra parte, debido a la poca información por no decir escasa, sobre el método para poder formular un FLN que lleve mínimamente el 30% de N/Litro, fuentes como Vera (2002), “Consideraciones necesarias en la preparación de la solución nutritiva”, establece que el UAN 32, corresponde aun mezcla de N ureico, amoniacoal y nítrico. El cual del ureico comprende el 50% del total de este nutriente. En cambio, Melgar y Torres Duggan, (2014) “Manual de fertilizantes fluidos. Buenos Aires, Argentina: *fluid fertilizer foundation*”, nos comentan que el fertilizante líquido UAN, está constituido por una solución acuosa de urea a 120° C, y una solución de nitrato de amonio al 40%, que para dar la concentración deseada se agrega agua.

A consideración de Palgrave (1991), un fertilizante líquido UAN, debe de contener del 30 al 32% de N es una fórmula con buena estabilidad. Para lo cual, es un excelente dato que nos proporciona para la formulación propia del desarrollo de un FLN. Esta información, se contrastó con otros datos y fuentes que mencionan a los nitrogenados comerciales denominados UAN, posicionándolos en un intervalo del 28 al 32% de N disponible; en su caso, también se menciona que estos productos formulados deben de contener un inhibidor de corrosión para la protección de los tanques de almacenamiento (*International Plant Nutrition Institute, 2017*).

Finalmente, esta información se contrasta en la revisión de literatura realizada con anterioridad por López et al., (2024), en la cual se explica la aplicación de esta metodología PRISMA, encontrándose resultados referente y primordialmente al uso de fertilizantes nitrogenados convencionales, como es el caso de la urea; sin embargo, no se encontró rastros de una formulación que se pretenda realizar para complemento o uso como alternativa principal para aplicación como fuente del nutriente N.

Con base en toda la información recabada y reportada, se pudo observar que solo se reporta el uso de un tipo de fertilizante líquido denominado UAN 32, omitiendo su formulación y las dosis de uso comparado con granulares como la urea que el fertilizante más usado convencionalmente y otros de marcas comerciales disponibles en el mercado. De la formulación planteada, se desarrolló un PNL con las mismas proporciones de UAN 32, el cual se pretende evaluar en campo abierto en cultivos de cereales como el maíz en otras investigaciones futuras del grupo de trabajo.

Considerando por su parte, que la formulación de un FNL con concentraciones del 30 al 32%, no se estableció en ninguna información recabada ya sea artículo o libro

consultado, únicamente se indican de manera muy superficial como se obtienen y cuáles deberían ser sus posibles concentraciones en cuanto al tipo de N que debiera contener; para nuestro trabajo se implementará el proceso de formulación en el que consistirá hacer una serie de pasos y posteriormente, con la información recabada de concentraciones y densidad que son específicas para mezclas nitrogenadas se llegó a obtener un PNL que se empleará en el cultivo del maíz, buscando evidenciar las mejoras tanto en rendimiento de grano así como también, su uso en conjunto con la técnica del fertirriego lleguemos a un mejor uso y distribución del agua a utilizar en los riegos.

4. CONCLUSIONES

Para el uso de fertilizantes nitrogenados líquidos aplicados en el cultivo del maíz, se ha encontrado que existe poca información sobre el uso de fertilizantes líquidos, en especial de los FLN, debido que el uso más empleado es en forma de FGN; y en general la urea es la fuente de N más empleada, junto a otros como MAP o SAM. La aplicación de un FLN al cultivo de maíz, se verá más eficiente en la absorción del nutriente que vienen distribuido y mezclado en el agua de riego, dosificado por medio de cintilla que el que es absorbido por la fertilización sólida, en este caso urea. Esto trae consigo una evaluación con más puntos positivos en las variables evaluadas como lo son crecimiento, longitud de planta, altura de planta y cosecha. A su vez, al ser más eficiente arrojará como efecto la disminución en las pérdidas de N, y por lo tanto, reduce los daños de contaminación al medio ambiente que antes se apreciaba por el uso excesivo de este tipo de fertilizantes, además de cumplir con los ODS relacionados sobre cuidado del ambiente y seguridad alimentaria; con esta misma acción pasamos a hacer una agricultura sostenible, donde mediante el uso de fertilizantes líquidos nitrogenados, hacemos más eficiente la asimilación del nutriente N, mantenemos el cuidado en el manejo de estos fertilizantes y cuidado del agua, fomentamos prácticas más sanas y respetuosas hacia el ambiente, aunado a esto, otro de los efectos importantes, es la reducción del uso de agua que se verá evidenciada en el volumen utilizado por riego en cintilla que el convencional el de inundación, también el efecto de contaminación del agua por residuos de fertilizantes, la reducción de los riesgos laborales derivados del manejo de fertilizantes envasados como los granulares, que ocasionan daños o problemas de salud, todo esto mediante la aplicación de los nutrientes vegetales en forma sustentable, efectiva y eficiente, en los cultivos agrícolas, contribuyendo a la economía, el cuidado del medio ambiente y cuidando a la sociedad.

Referente al objetivo planteado el cual era desarrollar tres formulaciones de un FLN a partir de las consideraciones planteadas en literatura citada y consultada como bases de datos de libre acceso. Con lo cual, se concluye que se cumplió al momento de la elaboración de las tres formulaciones descritas en la metodología y en los resultados.

El desarrollo de las tres nuevas formulaciones, se basó en la fórmula UAN 32 (Palgrave, 1991) siguiendo un porcentaje promedio del 30% de la literatura citada. Se obtuvieron tres formulaciones nitrogenadas líquidas a partir del 30% de N por litro, las cuales presentaron un rango de densidad de 1.29 al 1.33 kg.L⁻¹, como datos más relevantes en el proceso de formulación y basados en la literatura revisada. Con referencia a la hipótesis de trabajo planteada, en la cual se menciona que los fertilizantes formulados podrían ser más eficientes, con respecto al uso del FGN, conocido como urea; considerando, además, que es posible el hacer un mejor uso del recurso agua; se podrá tener mejor certeza una vez que se realicen las respectivas pruebas y evaluación de campo abierto en cultivos de cereales como el maíz en otras investigaciones futuras del grupo de trabajo. Finalmente, considerando los dos factores; el de formulación y el fertirriego, se considera un aporte a la utilización de FLN, como una opción de alternativa sostenible dentro del fertirriego, orientado a una agricultura sostenible y marcado en las políticas internacionales de la Agenda 2030, en los ODS.

5. REFERENCIAS

- Arias González, J. L., Holgado Tisoc, J., Tafur Pittman, T., y Vasquez-Pauca, M. J. (2022). *Metodología de la investigación: El método ARIAS para desarrollar un proyecto de tesis*.
- Camarillo, D. A., Aguilar, L. A. V., Dovala, J. M. C., Arriaga, M. R., y Pineda, J. P. (2021). Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7 (1), 1-9.
- CEPAL, N. (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago: CEPAL <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-agenda-2030-objetivos-desarrollosostenible-oportunidad-america-latina-caribe>.
- El Financiero, (2022). *Fertirriego, una apuesta certera para cuidar el agua y mejorar los cultivos*. El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/colaborador-invitado/2022/03/22/fertirriego-una-apuesta-certera-para-cuidar-el-agua-y-mejorar-los-cultivos/>
- González-del-Cid, K., Vásquez-de Ponce, P., Sánchez-Gómez, K., Tejada-Asencio, J., y Aguirre-Castro, C. (2021). Evaluación de cuatro dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales y su efecto en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, CENTA Cuscatlán), utilizando la técnica de fertirriego. *Revista Agrociencia*, 4 (18), 78–88. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10694821>

- Guamán Guamán, R. N., Desiderio Vera , T. X. ., Villavicencio Abril , Ángel F. ., Ulloa Cortázar , S. M. ., y Romero Salguero , E. J. . (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7 (2), 047–056. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
- International Plant Nutrition Institute*. (2017, julio 7). Aprenderly.com. <https://aprenderly.com/doc/3208017/pdf---international-plant-nutrition-institute>
- Larios-González, R. C., García Centeno, L., Ríos, M. J., Avalos Espinoza, C. D. S., y Castro Salazar, J. R. (2021). Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de dos fuentes nitrogenadas y dos métodos de aplicación. *Siembra*, 8 (2).
- Lassaletta, L., Sanz-Cobena, A., Aguilera, E., Quemada, M., Billen, G., Bondeau, A., Cayuela, M. L., Cramer, W., Eekhout, J. P. C., Garnier, J., Grizzetti, B., Intrigliolo, D. S., Ruiz Ramos, M., Romero, E., Vallejo, A., y Gimeno, B. S. (2021). *Nitrogen dynamics in cropping systems under Mediterranean climate: a systemic analysis. Environmental research letters*, 16 (7), 073002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac002c>
- Melgar, R. J., y Torres Duggan, M. (2014). Manual de fertilizantes fluidos cómo optimizar el uso de fertilizantes fluidos en Argentina y agro-sistemas sudamericanos.
- Morillo, J. P., Franco, Y. A. y Fontaines-Ruiz, T. (2022). *Información, educación y sociedad en la perspectiva 2030*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.6349431>
<https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n15/291/93/pdf/n1529193.pdf>
- Núñez-Ramírez, F., Escobosa-García, I., Cárdenas-Salazar, V., Santillano-Cázares, J., Ruelas-Islas, J. del R., Preciado-Rangel, P., y Díaz-Ramírez, J. (2020). *Soil moisture tension, growth, water use efficiency, and yield of maize grown in northwest Mexico. REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 38 (4), 805–815. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.763>
- ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*, Resolución A/RES/70/1 aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015.
- ONU. (2021). *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es>.
- ONU. (2022). Efectos de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud y formas de reudirlos.
- Page, Matthew J., Joanne E. McKenzie, Patrick M. Bossuyt, Isabelle Boutron, Tammy C. Hoffmann, Cynthia D. Mulrow, Larissa Shamseer, et al. 2021. "Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas". *Revista española de cardiología* 74 (9): 790–99. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>

- Palgrave, D. A. (1991). *Ciencia y tecnología de fertilizantes fluidos*. Prensa CRC.
- Quemada, M., y Gabriel, J. L. (2023). Impacto de los fertilizantes y la energía en la producción de alimentos. *Fundación de Estudios Rurales ANUARIO 2023* <https://www.upa.es/Anuario2023/020-Anuario-2023-Quemada-Gabriel.pdf>
- SADER. (2023). La Sader busca fortalecer prácticas de agricultura sustentable en México. (2023, mayo 3). [Portalam biental.com.mx. https://www.portalam biental.com.mx/sostenibilidad/20230503/la-sader-busca-fortalecer-practicas-de-agricultura-sustentable-en-mexico](https://www.portalam biental.com.mx/sostenibilidad/20230503/la-sader-busca-fortalecer-practicas-de-agricultura-sustentable-en-mexico)
- SIAP, D. G. del S. (2016). Atlas Agroalimentario 2016: El SIAP presenta los éxitos del campo mexicano. [gob.mx. https://www.gob.mx/agricultura%7Cdgsiap/es/articulos/atlas-agroalimentario-2016-siap-presenta-los-exitos-del-campo-mexicano](https://www.gob.mx/agricultura%7Cdgsiap/es/articulos/atlas-agroalimentario-2016-siap-presenta-los-exitos-del-campo-mexicano)
- Sinaloa en Números. (2022). CODESIN. Sinaloa en Números. <https://sinaloaennumeros.codesin.mx/>
- United Nations Statistics Division. (2020). *SDG Indicators — SDG Indicators. Informe 2020.* <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>
- United Nations Statistics Division. (2021). *SDG Indicators — SDG Indicators. Informe 2021.* <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>
- United Nations Statistics Division. (2022). *SDG Indicators — SDG Indicators. Informe 2022.* <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>
- United Nations Statistics Division. (2023). *SDG Indicators — SDG Indicators. Informe 2023.* <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>
- United Nations Statistics Division. (2024). *SDG Indicators — SDG Indicators. Resolución E/CN.3/2024/4.* <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>
- United Nations Statistics Division. (2024). *SDG Indicators — SDG Indicators. Informe 2024.* <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>
- Vargas, P. A. (2023). Efectos de la fertilización nitrogenada en el cultivo de lechuga (*lactuca sativa*) en el cantón Pedro Carbo, provincia del Guayas. *Sathir*, 144-157.
- Vera, A. (2002). Consideraciones necesarias en la preparación de la solución nutritiva. *Vida rural*, 143, 36–41. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=229922>

APLICACIÓN DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA; UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*ZEA MAYS L.*) EN GUASAVE, SINALOA

Adalid Graciano Obeso

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
<https://orcid.org/0000-0002-0849-0054>

Jesús Alberto Báez Higuera

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
<https://orcid.org/0009-0006-7362-2929>

Jesús Uriel López Atondo

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
<https://orcid.org/0009-0009-3039-2790>

Gregorio Polloreña López

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
<https://orcid.org/0000-0002-2847-0093>

RESUMEN

El maíz (*Zea mays L.*) es de los cultivos más importantes a nivel global, necesario para la seguridad alimentaria, sin embargo, hoy en día es necesaria la aplicación de alternativas sostenibles en su producción. Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de distintas dosis de fertilización orgánica (vermicomposta) mezclada con fertilización química (UREA) en variables agronómicas del cultivo de maíz, así como estimar el rendimiento del cultivo mediante un modelo lineal bajo condiciones de la región de Guasave, Sinaloa. Para lograrlo, se estableció en un Diseño Completamente al Azar (DCA) con seis tratamientos y tres repeticiones, donde los tratamientos consistían en la aplicación de diferentes dosis de fertilización orgánica (vermicomposta) mezclada con fertilización química (40 gr de UREA) por planta. De los resultados, se tiene que el tratamiento donde se aplicaron 40 gr de UREA mezclada 200 gr de Vermicomposta, fue el tratamiento donde se obtuvieron valores promedio mayores en las variables analizadas; rendimiento de 11.78 ± 1.23 ton ha⁻¹, peso de grano 0.39 ± 0.02 , altura de planta de 3.12 ± 0.13 , longitud de mazorca de 18.81 ± 1.23 centímetros y peso de 100 semillas de 29 ± 1.12 gramos. Por otro lado, el modelo de regresión lineal generado, basado en la relación entre la longitud de la mazorca y el peso de 100 semillas de maíz, fue estadísticamente significativo. De lo anterior, se tiene que fertilización orgánica resulta una opción viable en el desarrollo del maíz.

Palabras claves: estimación, modelo matemático, vermicomposta, rendimiento.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is one of the most important crops globally, necessary for food security, however, nowadays the application of sustainable alternatives in its production is necessary. Based on the above, the objective of this research was to evaluate the effect of different doses of organic fertilization (vermicompost) mixed with chemical fertilization (UREA) on agronomic variables of the corn crop, as well as to estimate the crop yield using a linear model under conditions of the Guasave region, Sinaloa. To achieve this, a Completely Randomized Design (DCA) was established with six treatments and three repetitions, where the treatments consisted of the application of different doses of organic fertilization (vermicompost) mixed with chemical fertilization (40 gr of UREA) per plant. From the results, it is clear that the treatment where 40 gr of UREA mixed with 200 gr of vermicompost was the treatment where the highest average values were obtained in the analyzed variables; yield of 11.78 ± 1.23 ton ha⁻¹, grain weight 0.39 ± 0.02 , plant height of 3.12 ± 0.13 , cob length of 18.81 ± 1.23 centimeters and weight of 100 seeds of 29 ± 1.12 grams. On the other hand, the linear regression model generated, based on the relationship between the length of the cob and the weight of 100 corn seeds, was statistically significant. From the above, it is clear that organic fertilization is a viable option for corn development.

Keywords: estimation, mathematical model, vermicompost, yield.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) representa uno de los cultivos de mayor relevancia tanto a nivel global como nacional, debido a su función alimentaria, pecuaria e industrial (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2024). En México, este cereal mantiene una posición estratégica al ser base de la seguridad alimentaria y una de las principales actividades económicas del sector agrícola, de la cual dependen millones de familias rurales (Arroyo-Vázquez et al., 2024). En regiones agrícolas de México como en el estado de Sinaloa, donde el maíz tiene una importancia económica, la implementación de prácticas agrícolas eficientes y sostenibles resulta fundamental para mantener la productividad frente a los crecientes desafíos ambientales y sociales (Bojórquez-Delgado et al., 2023).

Por otro lado, el desarrollo productivo del maíz depende de factores agroambientales como la disponibilidad y equilibrio de nutrientes esenciales que aporta el suelo, particularmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), los cuales determinan el crecimiento y rendimiento del cultivo (Antúnez-Ocampo et al., 2023). Así mismo, en los últimos años la agricultura moderna ha recurrido principalmente a fertilizantes inorgánicos solubles para satisfacer las demandas nutricionales de las plantas, sin embargo, su uso excesivo ha generado efectos adversos, como la degradación estructural del suelo, la contaminación de cuerpos de agua, la pérdida

de biodiversidad microbiana y la eutrofización, además de provocar impactos económicos y riesgos a la salud (Muñoz-Morales et al., 2024).

Ante este panorama, el uso de fertilizantes orgánicos resulta una alternativa sostenible, debido a que destacan por su capacidad para restaurar la fertilidad del suelo y mejorar sus propiedades físico-químicas (García-Sañudo et al., 2013). Entre los fertilizantes orgánicos más utilizados se encuentra la vermicomposta (VC), cuya combinación con fertilizantes químicos en dosis reducidas ha demostrado incrementar la biomasa y el rendimiento de grano en cultivos de maíz (González-Cortés et al., 2017). De igual manera, la vermicomposta junto con micorrizas arbusculares ha mostrado mejorar la composición química del suelo y aumentar el rendimiento de maíz forrajero en distintas partes de México (Jiménez-Ortiz et al., 2019).

Por último, en la presente investigación se busca optimizar el proceso de producción del cultivo de maíz, en este sentido, la aplicación de modelos matemáticos se ha vuelto una herramienta esencial, específicamente el análisis de regresión es un método estadístico que permite establecer una relación funcional entre una variable dependiente y una o más variables independientes, lo que resulta en una herramienta predictiva para la toma de decisiones en la optimización de proceso agrícolas (Montgomery et al., 2021). Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de distintas dosis de fertilización orgánica (vermicomposta) mezclada con fertilización química (UREA) en variables agronómicas del cultivo de maíz comercial ASGROW®, así como estimar el rendimiento del cultivo mediante un modelo lineal basado en peso de 100 semillas y longitud de mazorca bajo condiciones de la región de Guasave, Sinaloa.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La presente investigación se realizó en la zona norte del estado de Sinaloa, México. Durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2024-2025, específicamente en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, el cual se ubica en ejido El Burrioncito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25° 35 '51" N y 108° 27' 52" O, a una altitud de 20 metros sobre el nivel del mar (msnm). El clima de la región es cálido, con una temperatura media anual de 25 °C y precipitación media anual de 584 milímetros (mm). El suelo se clasifica como arcilloso (Figura 1).

Figura 1.- Ubicación del área de estudio (Instituto Tecnológico Superior de Guasave).



Fuente: Tomado de Google Earth, 2025.

Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) debido a que las condiciones del terreno presentaban homogeneidad en cuanto a tipo de suelo, nivelación, manejo agronómico y disponibilidad de agua, lo cual permite asumir que no existen efectos sistemáticos asociados a bloques o gradientes ambientales. Así mismo, dentro del DCA establecido, se evaluaron seis tratamientos con diferentes dosis de fertilización orgánica (vermicomposta) por planta mezclada con fertilización química (40 gr de UREA) por planta, con tres repeticiones por tratamiento (Tabla 1). Las variables de respuesta para la presente investigación fueron; altura de planta (m), peso de grano (gr), longitud de mazorca (cm) y rendimiento por hectárea medido como el peso de 100 semillas (gr) y extrapolado al rendimiento por hectárea ajustado al 14 % de humedad (INIFAP, 2017). El análisis estadístico se realizó considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para todas las pruebas de hipótesis, criterio comúnmente aceptado en experimentación agrícola para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos.

Tabla 1. Tratamientos evaluados en el experimento.

Tratamiento	Dosis aplicada de fertilización química mezclada con fertilización orgánica
T1 (Testigo)	Convencional (40 gr UREA planta ⁻¹)
T2	40 gr UREA + 100 gr Vermicomposta planta ⁻¹
T3	40 gr UREA + 150 gr Vermicomposta planta ⁻¹
T4	40 gr UREA + 200 gr Vermicomposta planta ⁻¹
T5	40 gr UREA + 250 gr Vermicomposta planta ⁻¹
T6	40 gr UREA + 300 gr Vermicomposta planta ⁻¹

Manejo de los tratamientos

El análisis de suelo y la recomendación de cantidad de fertilización química se realizó por parte del Laboratorio de Nutrición Vegetal del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN) Unidad Sinaloa. La siembra del híbrido de maíz (hipopótamo) de ASGROW® se realizó en surcos con una longitud de 20 metros y 180 plantas de maíz por tratamiento. Para el modelo de regresión lineal aplicado, la variable longitud de mazorca (cm) y se consideró como variable independiente, mientras que la variable dependiente fue el rendimiento en peso de 100 semillas (gr). Los datos de las variables analizadas se obtuvieron de cinco plantas seleccionadas aleatoriamente por cada unidad experimental (SNICS, 2014).

Las variables respuesta se midieron con los siguientes instrumentos:

- Longitud de mazorca: vernier digital Trupper® con precisión de 0.01 mm.
- Peso de 100 semillas: balanza analítica Ohaus® (sensibilidad 0.001 g).
- Altura de planta: flexómetro de fibra de vidrio de 5 m Truper®.
- Rendimiento por hectárea: báscula mecánica agrícola Torrey® y ajuste mediante fórmula estándar de humedad al 14% (INIFAP, 2017).

Cada instrumento se calibró previamente y se aplicó el mismo procedimiento metodológico para cada tratamiento con el fin de evitar sesgos en la medición.

Análisis estadístico

Los datos se procesaron utilizando el software Minitab 21. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos. Posteriormente, se aplicó un análisis de regresión lineal simple para establecer la relación entre las variables, y se evaluó su bondad de ajuste con el coeficiente de determinación (R^2) (Montgomery, 2021). Los supuestos del modelo estadístico fueron verificados y se cumplieron adecuadamente. Se evaluó normalidad de los residuos mediante la prueba de Shapiro–Wilk ($p > 0.05$), homogeneidad de varianzas mediante Levene ($p > 0.05$) y ausencia de valores atípicos influyentes mediante distancia de Cook (<1). Ninguna de las pruebas indicó violación de supuestos, por lo que los resultados del ANOVA y de los modelos de regresión son estadísticamente válidos. El diseño experimental, análisis de varianza y regresión lineal simple, se aplicaron según la metodología de Steel et al., (2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

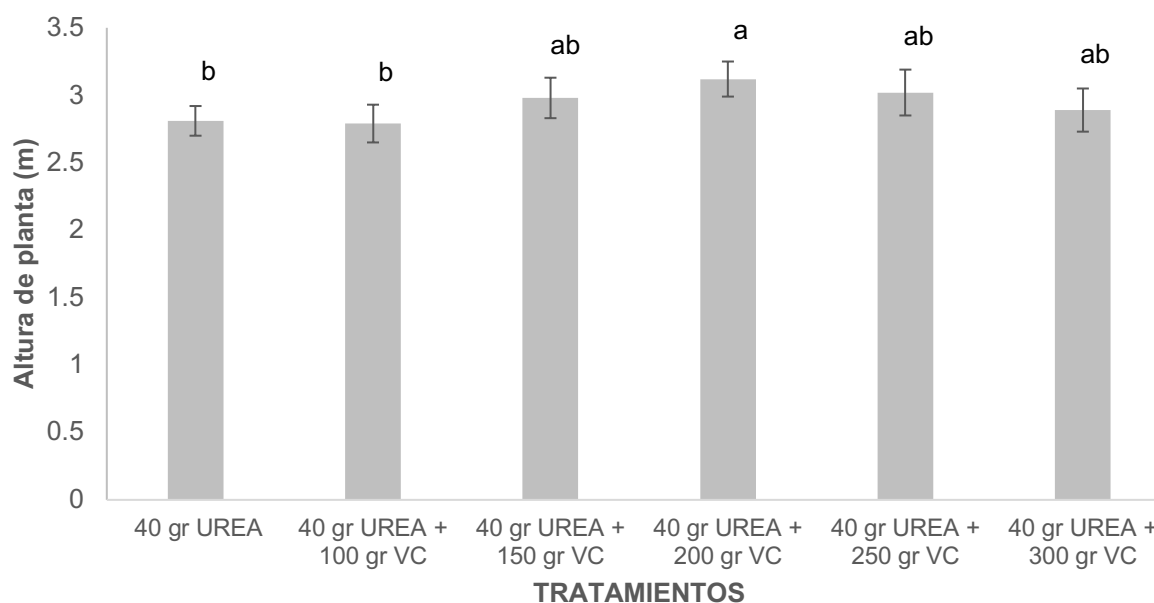
Una vez realizadas las mediciones de variables agronómicas en plantas de cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en cada uno de los seis tratamientos y sus tres repeticiones, se tienen los siguientes resultados (Tabla 2).

Tabla 2. Valores promedio y desviación estándar de variables analizadas en el experimento.

Tratamientos	Altura de planta (m)	Peso de grano (gr)	Longitud de mazorca (cm)	Peso 100 semillas (gr)	Rendimiento (ton ha ⁻¹)
T1 (Testigo)	2.81±0.11 ^b	0.31±0.02 ^c	9.21±1.21 ^c	21±1.41 ^c	9.21±1.51 ^b
T2	2.79±0.14 ^b	0.30±0.03 ^{bc}	10.19±1.24 ^c	21±0.98 ^c	9.18±1.91 ^b
T3	2.98±0.15 ^{ab}	0.34±0.02 ^b	13.28±1.25 ^b	25±1.22 ^b	11.24±1.82 ^{ab}
T4	3.12±0.13 ^a	0.39±0.02 ^a	18.81±1.23 ^a	29±1.12 ^a	11.78±1.23 ^a
T5	3.02±0.17 ^{ab}	0.37±0.02 ^{ab}	17.47±1.17 ^a	27±1.32 ^a	10.86±1.11 ^{ab}
T6	2.89±0.16 ^{ab}	0.35±0.03 ^{abc}	13.42±1.12 ^b	24±1.74 ^b	9.89±1.77 ^{ab}

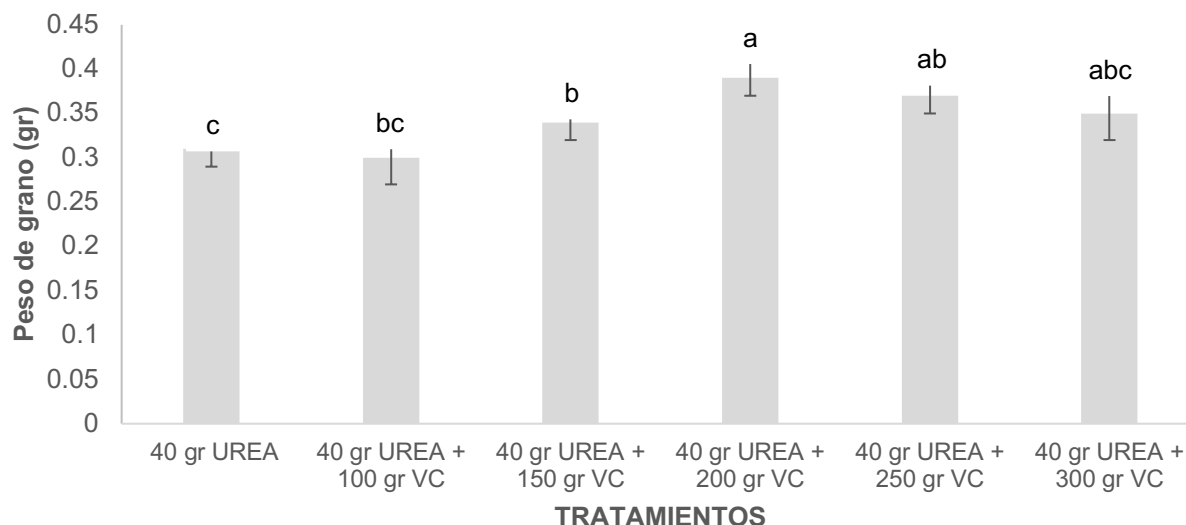
^{abcd} Diferente literal dentro de la columna, indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos.

Altura de planta (m)

Figura 2.- Gráfica de altura de planta promedio (m) en cada tratamiento.

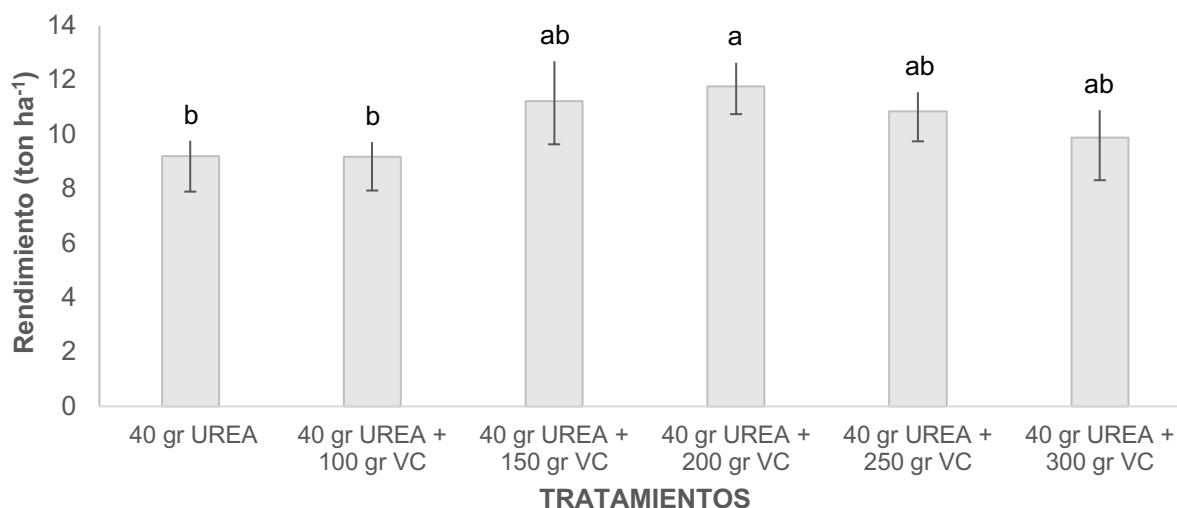
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2 se tiene que la mayor altura de planta promedio fue en el T4 donde se aplicaron 40 gr de UREA + 200 gr de Vermicomposta, con una altura de 3.12±0.13 metros, mientras que el testigo T1 donde se aplicaron 40 gr de UREA, fue el tratamiento con menor altura de planta promedio, con 2.81±0.11 metros. Sin embargo, para el presente estudio no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos T3, T4, T5 y T6 ($p > 0.05$), por lo que estadísticamente se consideran equivalentes en la variable analizada, resultados que concuerdan con lo reportado por Lagunares-Domínguez (2018), quienes no encontraron diferencia estadística en las variables altura de planta y diámetro del tallo donde se aplicó la fertilización orgánica.

Peso de grano (gr)**Figura 3.-** Gráfica de peso de grano promedio (gr) en cada tratamiento.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3 se tiene que el mayor peso de grano promedio fue en el T4 donde se aplicaron 40 gr de UREA + 200 gr de Vermicomposta, con un peso de 0.39 ± 0.02 gramos, mientras que el testigo T2 donde se aplicaron 40 gr de UREA + 100 gr de Vermicomposta, fue el tratamiento con menor peso de grano promedio, con 0.30 ± 0.03 gramos. Así mismo, para la variable peso de grano, hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos T1, T3 y T4. Los resultados coinciden con los descritos por Barreto y Pinos, (2023), quienes evidenciaron que la aplicación de bioestimulantes como la vermicomposta mejoran el peso del grano del maíz.

Rendimiento (ton ha⁻¹)**Figura 4.-** Gráfica de rendimiento promedio (ton ha⁻¹) en cada tratamiento.

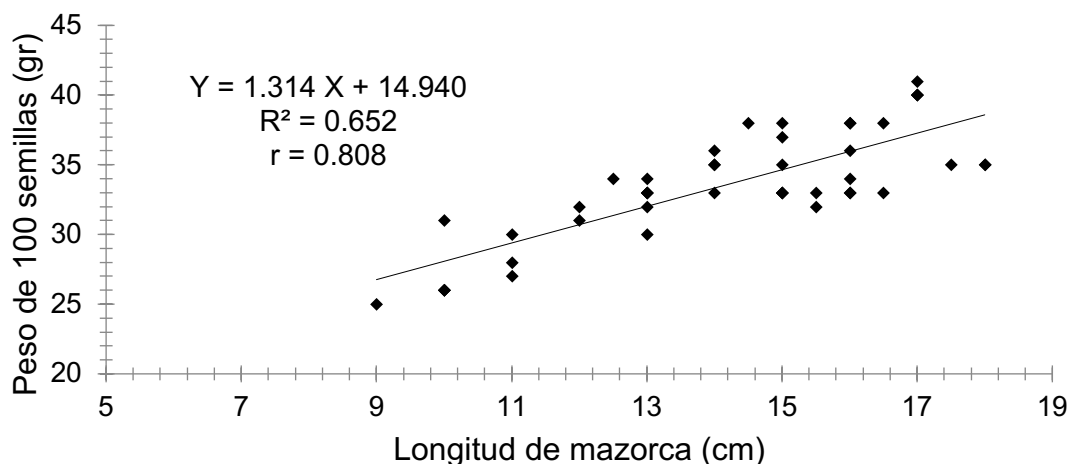
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4 se tiene que el mayor rendimiento promedio fue en el T4 donde se aplicaron 40 gr de UREA + 200 gr de Vermicomposta, con un rendimiento de 11.78 ± 1.23 ton ha^{-1} , mientras que el testigo T2 donde se aplicaron 40 gr de UREA + 100 gr de Vermicomposta, fue el tratamiento con menor rendimiento promedio, con 9.18 ± 1.91 ton ha^{-1} . Del mismo modo, para la presente investigación no se tuvo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos T3, T4, T5 y T6, sin embargo, entre los tratamientos T1 y T2 comparados con el T4 si existe diferencia significativa, lo que evidencia que el mezclar vermicomposta con fertilización química permite obtener mayores rendimiento, lo cual coincide con Gacía-Santiago et al, (2025), quienes encontraron que el uso de vermicomposta aumenta notablemente el rendimiento del cultivo de maíz.

Modelo de regresión lineal

El análisis de regresión lineal simple mostró una relación positiva y significativa entre las variables. La ecuación obtenida fue: $y = 1.314x + 14.940$, donde “y” representa el rendimiento en peso de 100 semillas (g) y “x” la longitud de la mazorca (cm), con una significancia estadística del modelo de regresión ($p < 0.05$). El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.652, aunque es ligeramente inferior al 70% establecido en ciertos criterios de optimización de modelos, en ciencias agrícolas es común que la variabilidad ambiental y biológica reduzca el ajuste de los modelos. De acuerdo con Montgomery (2019), valores de R^2 entre 0.50 y 0.70 pueden considerarse adecuados cuando las variables biológicas están influenciadas por factores no controlados, como clima, textura del suelo y variabilidad genética dentro del cultivar. El coeficiente de determinación muestra que el 65.2% de la variabilidad en el rendimiento se explica por la longitud de la mazorca de acuerdo con la Figura 5, y por lo tanto la longitud de la mazorca es un buen predictor del rendimiento en las condiciones del estudio, aunque otros factores también influyen. Este resultado es similar a los hallazgos de Liang et al., (1991), quienes reportaron un R^2 de 0.71 para un modelo de estimación de rendimiento en maíz, pero a diferencia de este estudio, ellos analizaron la respuesta a diferentes tratamientos de riego. Así mismo, los resultados de la presente investigación conciden con Haro et al., (2022), donde reportaron que la vermicomposta mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo que directamente influye en el desarrollo del grano y la mazorca.

Figura 5.- Gráfica y modelo de regresión lineal generado.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la aplicación de vermicomposta, al mejorar las condiciones edáficas, contribuyó a un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que se refleja en una mayor longitud de mazorca y, en consecuencia, en un mayor peso del grano (Arias et al., 2021). Los resultados sugieren que el uso de modelos de regresión son una herramienta fiable para estimar el rendimiento de cultivos, de acuerdo a Reyes-González et al, (2021), los modelos estadísticos sirven de apoyo para la toma de decisiones en el proceso de producción de maíz para grano.

Las diferencias observadas entre los tratamientos pueden explicarse por la acción multifacética de la vermicomposta. Estudios recientes han demostrado que la vermicomposta no solo aporta nutrientes esenciales, sino que también favorece la actividad microbiana del suelo y la presencia de sustancias húmicas, como ácidos húmicos, que actúan como bioestimulantes. Por ejemplo, Srinivasan et al. (2023) reportan que estas sustancias húmicas mejoran la estructura del suelo, aumentan su capacidad de retención de agua y promueven la proliferación microbiana, lo que a su vez facilita la liberación gradual y sostenida de nutrientes.

CONCLUSIONES

La aplicación de fertilización orgánica resulta una opción viable para el desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays L.*), para la presente investigación se tiene que el tratamiento donde se aplicaron 40 gr de UREA mezclada 200 gr de Vermicomposta, fue el tratamiento donde se obtuvieron valores promedio mayores en cada una de las variables analizadas; con un rendimiento de $11.78 \pm 1.23 \text{ ton ha}^{-1}$, un peso de grano 0.39 ± 0.02 , una altura de planta de 3.12 ± 0.13 , una longitud de mazorca de 18.81 ± 1.23 centímetros y un peso de 100 semillas de 29 ± 1.12 gramos.

El modelo de regresión lineal generado, basado en la relación entre la longitud de la mazorca y el peso de 100 semillas de maíz, es estadísticamente significativo. El

coeficiente de determinación (R^2) de 0.652 valida el modelo como una herramienta predictiva confiable en las condiciones del estudio. La aplicación de este modelo representa una innovación en la agricultura de precisión y un aporte a la agricultura sostenible, permitiendo la estimación del rendimiento de manera eficiente, práctica y no destructiva.

REFERENCIAS

- Antúñez-Ocampo, O. M., Sabino-López, J. E., Hernández-Galeno, C. del Á. y Espinosa-Rodríguez, M. (2023). Rendimiento del maíz (*Zea mays L.*) en respuesta a la fertilización con nitrógeno, fósforo y silicio al suelo. *Terra Latinoamericana*, 41, e1682. Epub 14 de noviembre de 2023. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1682>.
- Arias, B. J., Castro, C. R. y Pérez, V. (2021). Producción de maíz con fertilización orgánica en zonas áridas. *Agro Productividad*, 14(1), 1-8. <https://doi.org/10.32840/agrop.v14i1.1379>.
- Barreto, W. W. y Pinos, D. O. (2023). Evaluación del rendimiento en la producción de maíz mediante la aplicación de tres bioestimulantes en el cantón joya de los sachas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 8928-8950. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6005.
- Bojórquez, G., Bojórquez, J. y Flores, M. A. (2023a). Análisis y Evaluación Económica de la Producción Agrícola en el Estado de Sinaloa para el Año 2022 utilizando Ciencia de Datos Economic Analysis and Evaluation of Agricultural Production in the State of Sinaloa. RIISDS año 9 no. 1. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12467.44323>
- Gacia-Santiago, J. C., Sánchez-Vega, M., Pérez-Hernández, H. y Méndez-López A. (2025). Efecto del tipo de lixiviado de vermicomposta en el crecimiento, rendimiento y calidad del maíz. *Agroecosistemas Tropicales y Subtropicales*, v. 28, n. 2. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.5929>.
- García-Sañudo, J. Á., Villarreal-Romero, M., Sánchez-Peña, P., Parra-Terraza, S. y Hernández-Verdugo, S. (2013). Fertilización con vermicomposta en maíz criollo y su tasa de descomposición en el suelo. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 4(1), 42-47. <https://doi.org/10.22490/21456453.973>.
- González-Cortés, J. C., Mandujano-Ramírez, C. A. y Bautista-Avila A. (2017). Aplicación de vermicomposta y producción de biomasa en cultivo de maíz de temporal. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 5(2), 27-34. Disponible en: <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v5i2.106>
- Haro, D. E., Velazquez, A. y Pérez, F. (2022). Efecto de la vermicomposta y fertilizante químico en el rendimiento de maíz forrajero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(7), 1195-1208. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.3236>.

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP]. (2017). Agenda técnica agrícola de Campeche. 19-22 p. https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_agendas/3084_4789_Agenda_Tecnol%C3%B3gica_Campeche_2015.pdf.
- Jiménez-Ortiz, M. M., Gómez-Álvarez, R., Oliva-Hernández, J., Granados-Zurita, L., Pat-Fernández, J. M. y Aranda-Ibáñez, E. M. (2019). Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays L.*). *Nova scientia*, 11(23), 00009. Epub 10 de marzo de 2020. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1957>.
- Lagunes-Domínguez, A. (2018). Evaluación de diferentes niveles de composta como estrategia de fertilización en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*). *Agro Productividad*, 11(1). <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/147>
- Liang, Y., Zhang, H. y Zhou, B. (1991). Water use and yield of maize in response to different irrigation treatments. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 167(3), 205-212. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1991.tb00300.x>.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A. y Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis* (6th ed.). Wiley.
- Muñoz-Morales, J. M., Capilla-Otero, M. M., Gordillo-Ibarra, X. y Muñoz-Morales, J. M. (2024). El impacto del uso inadecuado de agroquímicos y riego intensivo en la degradación del suelo: del cultivo al yermo. *Alianzas y tendencias BUAP*, 9(34), 65-70. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12510276>.
- Reyes-González, F., Galvis-Spinola, A., Almaraz-Suárez, J. J. y Hernández-Mendoza, T. M. (2021). Modelo estadístico para la predicción del rendimiento de grano en maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(3), 447-459. Epub 02 de mayo de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i3.2482>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2024). Panorama Agroalimentario. La ruta de la transformación agroalimentaria 2018-2024. https://nube.agricultura.gob.mx/panorama_siap/.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas [SNICS]. (2014). Guía Técnica para la Descripción Varietal de Maíz (*Zea mays L.*). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Tlalnepantla, Estado de México. México. 39 p. https://www.researchgate.net/profile/Ma-Ramirez/publication/313793274_Guia_Tecnica_para_la_Descripcion_Varietal_de_Maiz/links/58a5ef8092851cf0e3a2734c/Guia-Tecnica-para-la-Descripcion-Varietal-de-Maiz.pdf.
- Srinivasan, M. P., Govindaraju, R., & Subbiah, S. (2023). Vermicompost: Enhancing plant growth and combating abiotic and biotic stress. *Agronomy*. 13(4), 1134. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041134>.

Steel, R. G. D., Torrie, J. H. y Dickey, D. A. (2018). Principles and procedures of statistics: A biometrical approach (3rd ed.). 633 p. McGraw-Hill Education.

EFFECTO DE SUBPRODUCTO DERIVADO DE GUSANO COGOLLERO (SPODOPTERA FRUGIPERDA) EN LA CONCENTRACIÓN DE CONIDIOS DEL HONGO ENTOMOPATÓGENO (METARHIZIUM ANISOPLIAE)

Adalid Graciano Obeso

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave

<https://orcid.org/0000-0002-0849-0054>

Jesús Ramón Rodríguez Apodaca

Universidad Autónoma Indígena de México

jramon@uaim.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3609-1958>

Adara Graciano Obeso

Secretaría de Educación Pública

<https://orcid.org/0000-0002-6262-4914>

Santiago Manuel López Araujo

Universidad Autónoma Indígena de México

<https://orcid.org/0000-0002-33667093>

RESUMEN

Los hongos entomopatógenos representan una opción prometedora para el manejo de plagas, sin embargo, la patogenicidad de los hongos tiende a reducirse, por ello, es fundamental obtener un medio de cultivo que proporcione los nutrientes necesarios para su desarrollo y mantenga la virulencia, con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de distintas dosis de suplemento en polvo elaborado a base gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en la concentración de conidios y crecimiento radial en cepas del hongo entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*). Para lograrlo, se estableció un Diseño Completamente al Azar (DCA), donde se evaluaron cuatro tratamientos; el medio PDA se usó como testigo (T1), los medios de cultivo PDA suplementados se les adicionó el polvo de *S. frugiperda* a concentraciones de T2=0.5 %, T3=1.0 % y T4=1.5 %. De los resultados se tiene que la mayor concentración de esporas y crecimiento radial del hongo *M. anisopliae* fue en el T3 donde se adicionó 1 % de suplemento en polvo de *S. frugiperda*, con una concentración de 2.8×10^8 esporas mL^{-1} y 55.2 mm de crecimiento radial. Por lo tanto, estos hallazgos sugieren que dicho suplemento podría favorecer concentración y producción masiva de hongos entomopatógenos tanto en condiciones de laboratorio como a escala industrial.

Palabras claves: esporas, gusano cogollero, hongos entomopatógenos, *Metarhizium anisopliae*.

ABSTRACT

Entomopathogenic fungi represent a promising option for pest management, however, the pathogenicity of fungi tends to decrease, therefore, it is essential to obtain a culture medium that provides the necessary nutrients for its development and maintains virulence, based on the above, the objective of the present research work was to evaluate the effect of different doses of powder supplement made from fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) on the concentration of conidia and radial growth in strains of the entomopathogenic fungus (*Metarhizium anisopliae*). To achieve this, a Completely Randomized Design (DCA) was established, where four treatments were evaluated; the PDA medium was used as a control (T1), the supplemented PDA culture media were added with *S. frugiperda* powder at concentrations of T2 = 0.5%, T3 = 1.0% and T4 = 1.5%. The results show that the highest spore concentration and radial growth of the fungus *M. anisopliae* was observed in T3, where 1% *S. frugiperda* powder supplement was added, with a concentration of 2.8×10^8 spores \cdot mL⁻¹ and 55.2 mm of radial growth. Therefore, these findings suggest that this supplement could promote the concentration and mass production of entomopathogenic fungi both under laboratory conditions and on an industrial scale.

Keywords: spores, fall armyworm, entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae*.

1. INTRODUCCIÓN

Los hongos entomopatógenos representan una opción prometedora para el manejo de plagas, ya que actúan como enemigos naturales de los insectos perjudiciales sin generar efectos negativos en el medio ambiente ni en la salud humana (Islam et al., 2021). Entre las especies más utilizadas destacan *Beauveria bassiana* Vuill. (Ascomycota: Hypocreales), *Metarhizium anisopliae* Metchn. (Ascomycota: Hypocreales) y *Paecilomyces fumosoroseus* Brown & Smith (Ascomycota: Eurotiales) (Pacheco et al., 2019). Estos hongos se caracterizan por su elevada capacidad patógena, atribuida a la producción de toxinas que pueden provocar la muerte del insecto plaga (Chakrabarty et al., 2022).

Por otro lado, el uso de hongos entomopatógenos y diversos microorganismos en México no es una práctica usual entre los productores agrícolas, ya que su efecto para controlar plagas es tardado a diferencia de los productos químicos que son de rápido efecto, sin embargo, actualmente se ha incrementado el uso de productos químicos para el control de plagas de importancia económica, lo cual repercute en la disminución de insectos benéficos, además de la contaminación del suelo, aire y cuerpos de agua (Zelaya-Molina et al., 2022). Además, la investigación en el control

biológico de plagas en México, en los últimos años se reduce al uso de pocas especies fúngicas y bacterianas con éste fin, y lo mismo ocurre en las industrias destinadas a la producción de bioinsecticidas, dejando por un lado el gran potencial para el control de plagas que tienen los hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*, lo cual debe aprovecharse tanto en centro de investigación como en las industrias mexicanas dedicadas al área agrícola (Pacheco et al., 2019). Así mismo, es necesario el realizar investigaciones para encontrar cepas nativas de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. fumosoroseus*, las cuales tengan un efecto insecticida sobre plagas objetivo de diversos cultivos, las cuales puedan combinarse con microorganismos y tengan un mayor efecto sobre las plagas, así como cepas que tengan un mayor tiempo de exposición en el ambiente (Manzanares-Jiménez, 2024).

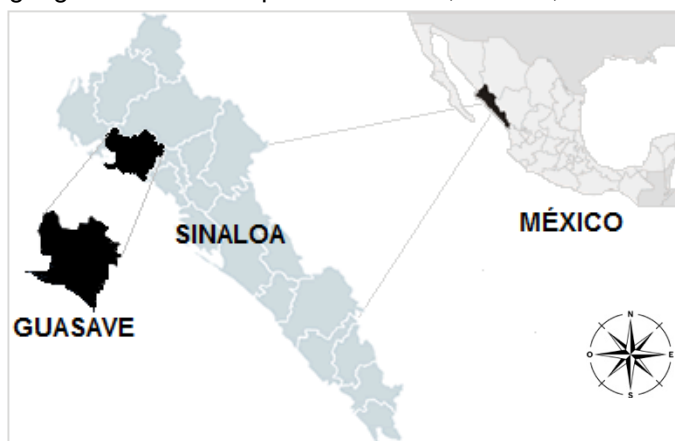
No obstante, está documentado que la patogenicidad de los hongos entomopatógenos tiende a reducirse cuando se cultivan de manera continua en un mismo medio (Keyhani, 2018). Por ello, resulta fundamental disponer de un medio de cultivo óptimo que proporcione los nutrientes necesarios para su desarrollo y mantenga la virulencia de las cepas durante el proceso de infección en insectos (Ishak et al., 2020). Con base en lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de subproducto en forma de polvo elaborado a base gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en la concentración de conidios en cepas del hongos entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) en Guasave, Sinaloa.

2. METODOLOGÍA

Área de estudio

El trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Nutrición Vegetal del Instituto Tecnológico Superior de Guasave (ITSG), ubicado en el ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25° a 26° N y 108° a 109° O (Figura 1).

Figura 1.- Ubicación geográfica del municipio de Guasave, Sinaloa, México.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Diseño experimental

Se estableció un Diseño Completamente al Azar (DCA), donde se evaluaron cuatro tratamientos con distinta concentración de polvo de gusano cogollero adicionados al medio de cultivo de crecimiento del hongo entomopatógeno, el cual se evaluó con tres repeticiones con la finalidad de hacer más riguroso el estudio (Cuadro 1). La variable de respuesta en la presente investigación fue la concentración de conidios de la cepa del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el experimento.

Tratamiento	Concentraciones de <i>S. frugiperda</i> al medio de cultivo PDA
T1 (Testigo)	0 %
T2	0.5 %
T3	1 %
T4	1.5 %

Nota: Este cuadro muestra cada uno de los tratamientos utilizados en el experimento, la concentración de polvo de Spodoptera frugiperda adicionadas al medio de cultivo PDA.

Manejo de los tratamientos

Las larvas de *Spodoptera frugiperda* se recolectaron durante el ciclo agrícola otoño-invierno de 2024 en cultivo de maíz instalado en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, posteriormente se estableció una cría axénica en Laboratorio de Nutrición Vegetal del ITSG. Para la obtención del suplemento de polvo de *S. frugiperda* se siguió la metodología descrita por García-Gutiérrez et al., (2020), la cual consistió en establecer una cría axénica de gusano cogollero, esperando hasta tener la tercera generación en estado de pupas, posteriormente se secan en un horno a 50 °C durante 3 días, una vez secas se muelen en mortero de porcelana de manera manual hasta tener una consistencia de polvo, mismo que se lleva a peso constante y se almacenó en botellas de vidrio de 250 mL a una temperatura entre 25 y 30 °C.

Las cepas de *Metarhizium anisopliae* utilizadas fueron adquiridas en la empresa Agrobionsa®, una vez realizada la resiembra de las cepas en cajas Petri con PDA, en cuanto a los tratamientos, el medio PDA se usó como testigo (T1), los medios de cultivo PDA suplementados se les adicionó el polvo de *S. frugiperda* a concentraciones de T2=0.5 %, T3=1.0 % y T4=1.5 %.

Para la concentración de esporas de la cepa de *M. anisopliae*, se tomaron 10 µL de una suspensión y se depositaron en una cámara de Neubauer marca LAREN® para posteriormente contar las esporas en un microscopio óptico (Zeiss) a una ampliación de 40X. Para el crecimiento radial del hongo, a los 15 días se realizó la medición con una regla graduada.

Establecimiento de pie de cría de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Los materiales utilizados en el proceso de pie de cría abarcan desde la colecta de *Spodoptera frugiperda* en campo hasta la obtención de la tercera generación: papel secante, miel natural, recipientes de plástico herméticos de 25 cm de largo x 15 cm de ancho y 5 cm de alto, agujas entomológicas, pinzas entomológicas, bolsa grande

de papel de estraza (tamaño No. 16), costales o bolsas de plástico grandes con asa, bolsas de polipapel (30 x 25 cm), recipientes de 10 cm de altura x 15 cm de diámetro, vasos de plástico con tapas horadadas (5 cm de altura x 8 cm diámetro), vasos desechables de 2.5 cm de altura x 4 cm de diámetro, solución antiséptica (etanol al 75%), jabón, hipoclorito de sodio acuoso al 3.5%, esponja para lavado, tijeras, marcadores de distintos colores, cinta adhesiva, franelas y clips. Las cantidades de los materiales depende del número total y tamaño de crías de gusano cogollero (Sierra-Ruíz et al., 2022).

3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la presente investigación se realizó un análisis cuantitativo, donde para el procesamiento estadístico de los resultados se realizó con apoyo del programa Minitab 19 y creador de gráficas Sigma Plot 14, así mismo, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) con la finalidad de conocer si existen diferencias significativas entre los cuatro tratamientos analizados en el experimento y sus tres repeticiones. Además, se aplicó la prueba de comparación de medias con el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez obtenida la concentración de esporas de la cepa del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* en los cuatro tratamientos y sus tres repeticiones, se tiene los siguientes resultados (Cuadro 2).

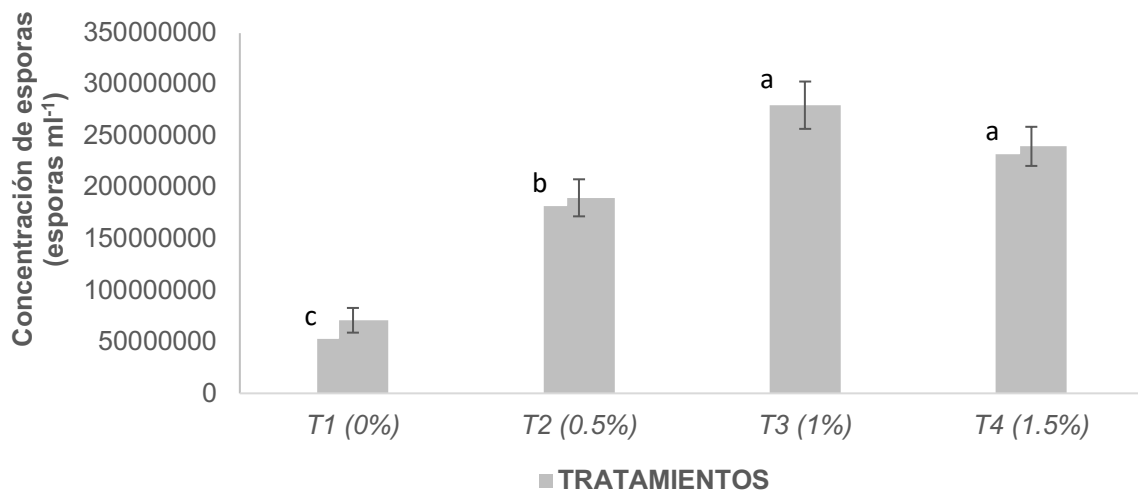
Cuadro 2. Concentración de esporas de la cepa de *M. anisopliae*.

Tratamiento	Concentraciones de <i>S. frugiperda</i> adicionado al medio de cultivo PDA	Concentración promedio de esporas de <i>M. anisopliae</i>
T1 (Testigo)	0 %	$7.1 \pm 0.3 \times 10^7$ c
T2	0.5 %	$1.9 \pm 0.1 \times 10^8$ b
T3	1 %	$2.8 \pm 0.2 \times 10^8$ a
T4	1.5 %	$2.4 \pm 0.3 \times 10^8$ a

^{abc}Diferente literal dentro de la columna, indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos.

Concentración de esporas de *M. anisopliae* por mililitro

Figura 2.- Gráfica de concentración de esporas por mililitro.

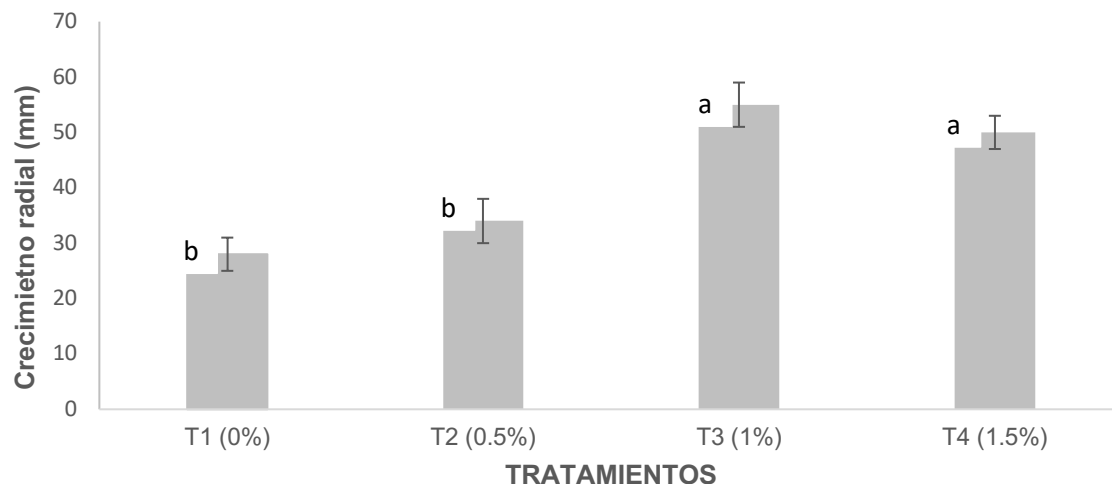


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2 se tiene que la mayor concentración de esporas del hongo *M. anisopliae* fue en el T3 donde se adicionó 1 % de suplemento en polvo de *S. frugiperda*, con una concentración de 2.8×10^8 esporas - mL⁻¹, mientras que el testigo T1, fue el tratamiento con menor concentración de esporas de *M. anisopliae*, con 7.1×10^7 esporas - mL⁻¹. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre el T3 y T4, los resultados obtenidos concuerdan con los reportado por Vejar et al., (2017) y Graciano et al., (2023) donde comprueban el crecimiento del hongo *Metarhizium robertsii* y *Beauveria bassiana* al adicionar polvo de *S. frugiperda* al medio de cultivo.

Crecimiento radial de esporas de *M. anisopliae* en milímetros

Figura 3.- Gráfica de crecimiento radial de esporas de *M. anisopliae*.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3 se tiene que el mayor crecimiento radial en milímetros de *M. anisopliae* fue en el tratamiento donde se adicionó 1 % de polvo de *S. frugiperda* al medio de cultivo PDA con 55.2 mm, mientras que el tratamiento con mejor crecimiento radial fue el tratamiento testigo, donde no se adicionó polvo de *S. frugiperda* al medio de cultivo PDA, donde el hongo creció 28 milímetros en los 15 días de seguimiento, así mismo, no se encontraron diferencias estadísticas entre el T4 y T3 ($\alpha = 0.05$).

5. CONCLUSIONES

Con base a los resultados, se tiene que la concentración de esporas por mililitro del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, incrementa al adicionar mayor cantidad del suplemento en polvo elaborado a base de *Spodoptera frugiperda* al medio de cultivo. Estos hallazgos sugieren que dicho suplemento podría favorecer la producción masiva de hongos entomopatógenos tanto en condiciones de laboratorio como a escala industrial.

El tratamiento óptimo para el crecimiento radial y la concentración de esporas de la cepa del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* fue donde se adicionó 1 % de polvo de *S. frugiperda* al medio de cultivo PDA, con una concentración promedio de 2.8×10^8 y 55.2 mm de crecimiento radial.

6. REFERENCIAS

- Chakrabarty, S., Chakraborty, P., Islam, T., Aminul-Islam, A. K., Datta, J., Bhattacharjee, T., Minghui, J. y Xiao, Y. (2022). *Bacillus thuringiensis* proteins: structure, mechanism and biological control of insect pests. In: Islam, M.T., M. Rahman, P. Pandey, (eds.) *Bacilli in Agrobiotechnology. Bacilli in Climate Resilient Agriculture and Bioprospecting*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85465-2_25.
- García-Gutiérrez, C., García-Guajardo, M. I., Vejar-Cota, G., Meza-García, L. y Chávez-Medina, J. A. (2020). Macromorfología y crecimiento radial de cepas de hongos entomopatógenos suplementados con polvo de lepidópteros. *Revista Colombiana de Entomología*, 46 (1), e10164. Publicación electrónica del 30 de junio de 2020. <https://doi.org/10.25100/socolen.v46i1.10164>.
- Graciano, A., García, C., Herrera, M. N., Rodríguez, H., Sainz, J. C. y Zamora, G. L. (2023). Medio suplementado con polvo de pupas de insectos para inducir el crecimiento de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium robertsii* y la patogenicidad de *Metarhizium robertsii*. *Revista Colombiana de Entomología*, 49 (1), e12252. Publicación electrónica del 20 de marzo de 2023. <https://doi.org/10.25100/socolen.v49i1.12252>

- Ishak, I., Ng, L. C., Haris-Hussain, M., Jalinas, J., Idris, A. B., Azlina, Z., Samsudin, A. y Wahizatul, A. A. (2020). Patogenicidad de una cepa autóctona del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) (cepa MET-GRA4) como posible agente de control biológico contra el picudo rojo de las palmeras (Coleoptera: Dryophthoridae). *Journal of Economic Entomology*, 113 (1), 43-49. <https://doi.org/10.1093/jee/toz233>.
- Islam, W., Adnan, M., Shabbir, A., Naveed, H., Abubakar, Y. S., Qasim, M., Tayyab, M., Noman, A., Nisar, M. S., Khan, K. A. y Ali., H. (2021). Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. *Microb. Pathog.* 159: 105-122. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.105122>.
- Keyhani, N. O. (2018). Biología lipídica en el estrés fúngico y la virulencia: Hongos entomopatógenos. *Biología Fúngica*, 122 (6), 420-429. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2017.07.003>.
- Manzanarez-Jiménez, A. (2024). Efecto bioestimulante de *Macrocystis pyrifera* en esporas de *Metarhizium anisopliae* y su patogenicidad contra *Chloridea virescens*. *Biotecnia*, 26, e2321. Epub 14 de enero de 2025. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2321>.
- Pacheco, H. M., Reséndiz, M. J. y Arriola, P. V. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 10: 4-32. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>.
- Sierra-Ruíz, M. de la L., García-Rodríguez, Y. M., Torres-Martínez, R., Delgado-Lamas, G. y Espinosa-García, F. J. (2022). Procedimientos para establecer y mantener una cría del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en condiciones de laboratorio. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 26(1), Pags 134–154. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.22.26.22>.
- Vejar, G., García, C., Rosas, N. M., Escobedo, C. M. y González, H. A. (2017). Caracterización morfológica y molecular de hongos entomopatógenos con potencial para el control del barrenador de la caña de azúcar en Sinaloa. *Entomólogo del suroeste*, 42 (2), 395-400. <https://doi.org/10.3958/059.042.0208>.
- Zelaya-Molina, L., Chávez-Díaz, I., de los Santos-Villalobos, S., Cruz-Cárdenas, C., Ruíz-Ramírez, S. y Rojas-Anaya, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(7), 69-79. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3251>

CONSUMO DE STEVIA REBAUDIANA EN EL MUNICIPIO DE GUASAVE: ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN Y HÁBITOS DE LOS CONSUMIDORES

Janeth Adriana Camacho Carrillo

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
<https://orcid.org/0009-0005-9345-7644>

Grace Erandy Báez Hernández

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
grace.bh@guasave.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0003-1580-2199>

Adalid Graciano Obeso

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
<https://orcid.org/0000-0002-0849-0054>

Gregorio Pollorena López

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave
<https://orcid.org/0000-0002-2847-0093>

RESUMEN

Estevia rebaudiana es una planta perenne originaria de Paraguay, reconocida por su extraordinario poder edulcorante, gracias a la presencia de glucósidos de esteviol, utilizados frecuentemente como suplementos no calóricos. El objetivo de estudio del presente trabajo fue analizar la percepción de los consumidores del municipio de Guasave, Sinaloa, respecto al uso de estevia como edulcorante natural. Para ello, se aplicó una encuesta estructurada a una muestra representativa de 120 adultos, mediante un enfoque cuantitativo con muestreo aleatorio simple. Los resultados mostraron que el 91.01% de la población encuestada consume estevia, reflejando una alta aceptación del edulcorante natural, predominando la presentación en polvo y una frecuencia de consumo principalmente diaria o semanal. Además, la mayoría de los consumidores la asocia con beneficios para la salud, como el control de glucosa, peso y colesterol.

Palabras clave: estevia, edulcorante natural, percepción del consumidor.

ABSTRACT.

Stevia rebaudiana is a perennial plant native to Paraguay, known for its extraordinary sweetening power, thanks to the presence of steviol glycosides, which are often used as non-caloric supplements. The objective of this study was to analyze the perception of consumers in the municipality of Guasave, Sinaloa, regarding the use of stevia as a natural sweetener. To this end, a structured survey was administered

to a representative sample of 120 adults, using a quantitative approach with simple random sampling. The results showed that 91.01% of the surveyed population consumes stevia, reflecting a high acceptance of the natural sweetener, with powdered stevia being the most common form and consumption occurring mainly on a daily or weekly basis. In addition, most consumers associate it with health benefits, such as glucose, weight, and cholesterol control.

Keywords: stevia, natural sweetener, consumer perception.

1. INTRODUCCIÓN.

En México, las enfermedades crónico-degenerativas no transmisibles representan una de las principales amenazas para la salud pública. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2024), padecimientos como la diabetes mellitus, las enfermedades cardiovasculares, los tumores malignos y las patologías hepáticas figuran entre las principales causas de mortalidad en el país. La prevalencia de todas estas enfermedades guarda una estrecha relación con el alto consumo de azúcares añadidos (Sánchez-Otero et al., 2024).

Este panorama ha llevado a los investigadores a explorar nuevos edulcorantes naturales y sintéticos como alternativas a la sacarosa (Saraiva et al., 2020). Estos proporcionan el sabor dulce tradicional del azúcar, pero con un menor aporte calórico (Bohórquez Rivero et al., 2021).

En la industria alimentaria, el interés del consumidor por los productos bajos en azúcar aumenta día a día. Los fabricantes de alimentos buscan desarrollar nuevos productos saludables y bajos en calorías que satisfagan las demandas de los consumidores (Yildiz & Karhan, 2021). El uso de edulcorantes naturales puede representar una nueva y sustancial oportunidad comercial para muchas empresas; presentando efectos positivos en el consumo, como la mejora de la salud metabólica, la prevención del aumento de peso y la reducción de la glucosa en sangre (Castro-Muñoz et al., 2022).

Dentro de los edulcorantes naturales, destaca la estevia, conocida científicamente como *Stevia rebaudiana*, planta perenne originaria de la región oriental de Paraguay (Gayosso-Rodríguez et al., 2023). Popularmente llamada hierba dulce, hoja dulce, hoja miel u hoja caramelo (Joseph & George, 2019). Es conocida por su intenso dulzor, que puede ser entre 250 y 300 veces superior al de la sacarosa. Este dulzor se atribuye a la presencia de glucósidos de esteviol, que se utilizan frecuentemente como suplementos no calóricos (Talevi, 2022).

Actualmente se cultiva en diversas partes del mundo, como China, Japón, Estados Unidos de América, Indonesia, México, Brasil y Canadá, entre otros (Rahayu et al., 2020). En México, los principales estados productores de estevia incluyen: Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Yucatán (Ramírez-Jaramillo & Lozano-Contreras, 2017).

En este contexto, la presente investigación se llevó a cabo en el municipio de Guasave, ubicado en el Noroeste del estado de Sinaloa; municipio que destaca por su fuerte actividad agrícola y que cuenta con condiciones favorables para el cultivo de estevia.

Teniendo como objetivo principal analizar la percepción de los consumidores de Guasave respecto al uso de la estevia como edulcorante natural, mediante la aplicación de una encuesta a una muestra representativa, con la finalidad de identificar patrones de consumo, preferencias de presentación, frecuencia de uso, atribuciones de la estevia con la salud.

2. METODOLOGÍA.

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con el objetivo de analizar la percepción de los consumidores respecto a la estevia (*Stevia rebaudiana*) en el municipio de Guasave, Sinaloa, México.

Se utilizó el método de encuesta como técnica principal de recolección de datos, mediante un cuestionario estructurado compuesto por preguntas cerradas y abiertas. El instrumento se aplicó de forma presencial y digital.

La población objeto de estudio estuvo conformada por habitantes mayores de 18 años del municipio de Guasave, Sinaloa. De acuerdo con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en el año 2020 en el municipio se registró una población total de 289,370 habitantes (INEGI, 2020).

Para determinar el tamaño de la muestra, en dicha investigación, se utilizó la fórmula de población finita (Ec.1) (Vélez & Hernández, 2011).

$$n = \frac{Z^2 pqN}{\varepsilon^2 (N-1) + Z^2 pq} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

- n: tamaño muestral
- N: tamaño de la población
- Z: valor correspondiente a la distribución de gauss, $z\alpha = 0.05 = 1.96$ y $z\alpha = 0.01 = 2.58$ principalmente se utilizan estos valores
- p: prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse ($p = 0.5$), que hace mayor el tamaño muestral
- q: $1 - p$ (si $p = 70 \%$, $q = 30 \%$)
- i: error que se prevé cometer si es del 10% , $i = 0.1$

Sustituyendo los valores:

- N: 289,370 habitantes
- Z: 1.75 (Nivel de confianza del 92%)
- p: 0.5

- q : 0.5
- ε : 0.08

$$n = \frac{(1.75)^2 (0.5)(0.5)(289,370)}{(0.08)^2 (289,370 - 1) + (1.75)^2 (0.5)(0.5)} = 120$$

Considerando un nivel de confianza del 92% y un margen de error del 8%, se obtuvo una muestra de 120 personas, las cuales se seleccionaron mediante un muestreo aleatorio simple.

La recolección de datos se llevó a cabo durante el mes de abril 2025, mediante la aplicación de un cuestionario. El análisis se centró en variables como conocimiento del producto, frecuencia de consumo, presentación preferida, beneficios atribuidos y motivaciones de compra.

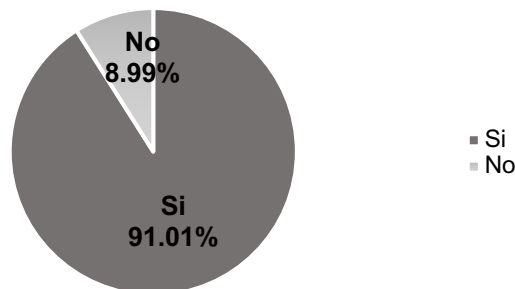
Posteriormente, los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva (frecuencias y porcentajes) con apoyo de Microsoft Excel.

3. RESULTADOS.

¿Alguna vez ha consumido estevia, como endulzante, en algún producto (bebida, postre, snack)?

Al indagar sobre el consumo de estevia, como edulcorante natural, se obtuvo que el 91.01% de los encuestados en el municipio de Guasave sí consumen estevia como edulcorante, mientras que solo el 8.99% indicó no haberla consumido; reflejando con dichos resultados una alta aceptación del producto dentro de la población del municipio (Figura. 1).

Figura 8.- Gráfica del consumo de estevia como edulcorante natural en el municipio de Guasave, Sinaloa.

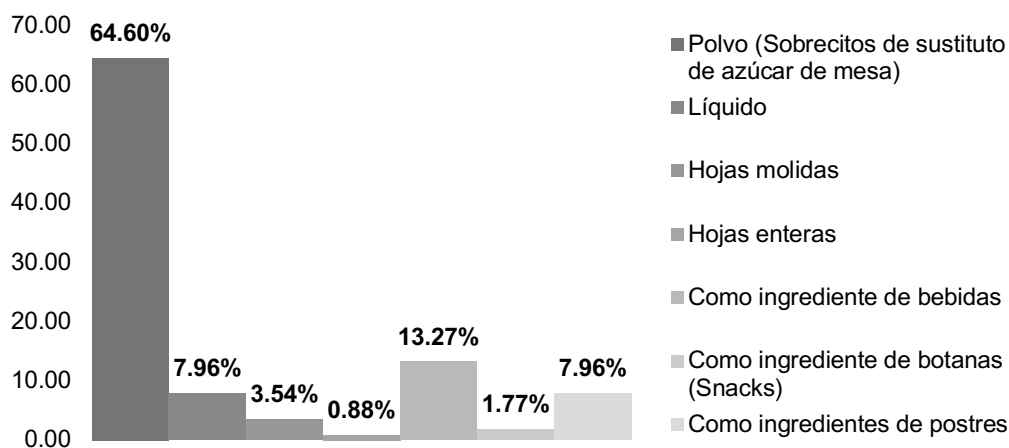


¿Qué presentación de estevia ha consumido o consume más frecuentemente?

En cuanto a la presentación preferida de la estevia entre los consumidores encuestados, se observó que la forma más común de consumo es en polvo, específicamente en sobrecitos como sustituto del azúcar de mesa, con un 64.60% de preferencia; en segundo lugar, la presentación más consumida es como

ingrediente de bebidas con el 13.27%, seguido de la presentación líquida y como ingrediente de postre, ambos con 7.96%. Por otro lado, el consumo de estevia en su forma más natural, hojas enteras, es poco común, ya que solo el 0.88% de los encuestados manifestó preferir esta presentación (Figura. 2).

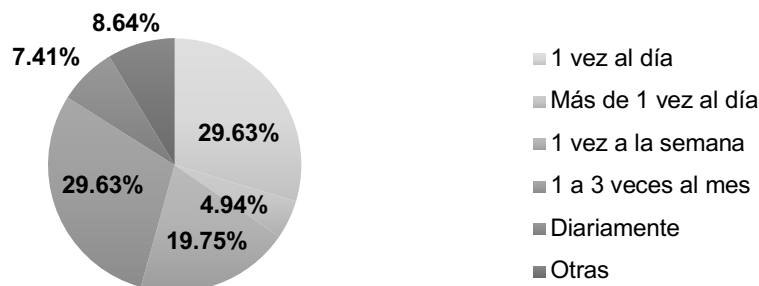
Figura 9. Gráfica sobre distintas presentaciones de estevia.



¿Con qué frecuencia consume esta presentación de estevia que señaló en la pregunta anterior?

Los resultados obtenidos permiten identificar distintos patrones de consumo de estevia, destacado dos grupos representativos: aquellos que la consumen una vez al día y quienes lo hacen ocasionalmente, entre una y tres veces al mes, ambos con un 29.63%. Un 19.75% indicó consumirla una vez por semana, mientras que el 7.41% afirmó hacerlo diariamente, considerándola un componente esencial en su alimentación. Por otro lado, un 4.94% reportó un consumo frecuente, más de una vez al día (Figura. 3).

Figura 10. Gráfica de frecuencia de consumo de estevia.

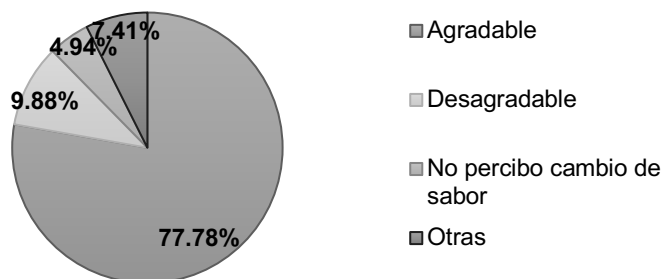


¿Cómo considera el sabor dulce de estevia en comparación con el azúcar?

Con respecto a la percepción del sabor de la estevia en comparación con el azúcar tradicional, el 77.78% de los encuestados consideran agradable el sabor dulce de este edulcorante natural, mientras que el 9.88% percibe dicho sabor como

desagradable; el 4.94% no identifica diferencia alguna respecto al azúcar convencional y el 7.41% restante señaló que el sabor les resulta amargo y que no les agrada el retrogusto que deja en la boca (Figura. 4).

Figura 11. Gráfica de percepción de sabor de estevia.

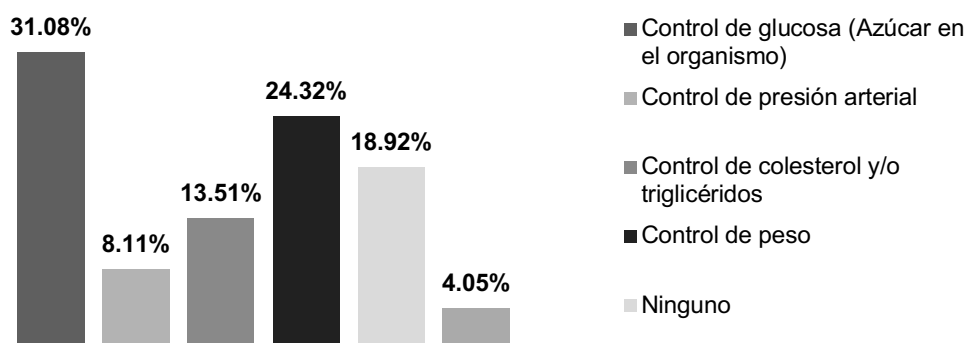


¿Consume estevia para ayudar en el tratamiento de alguno de los siguientes padecimientos?

Los motivos que impulsan el consumo de estevia entre los habitantes del municipio de Guasave, dejan ver una orientación hacia el cuidado de la salud. El 31.08% de los encuestados mencionaron que consumen este edulcorante principalmente para controlar sus niveles de glucosa, el 24.32% para el control de peso, considerándola como una alternativa saludable frente a los edulcorantes calóricos; el 13.51% consume estevia para tener control de colesterol y/o triglicéridos y 8.11% para control de presión arterial.

Por otro lado, el 18.92% restante, de los encuestados consume estevia sin atribuirle un beneficio para la salud, utilizándola simplemente como un edulcorante natural (Figura. 5).

Figura 12. Gráfica de beneficios atribuidos a la salud por el consumo de estevia.



4. DISCUSIÓN.

Los hallazgos del estudio muestran una alta aceptación del edulcorante natural de estevia en Guasave, con un 91.01 % de los encuestados que declaran consumirla, lo que sugiere que la población local está receptiva al uso de alternativas al azúcar convencional. Este dato resulta interesante al contrastarlo con estudios previos

internacionales que abordan la percepción, aceptación sensorial y salud del uso de estevia.

En primer lugar, en la línea de la percepción sensorial, el estudio de Consumer-Based Sensory Characterization of Steviol Glycosides (Reb A, D y M) (Tao & Cho, 2020) encontró que ciertos glucósidos de esteviol (Reb D y M) tenían perfiles sensoriales más cercanos al azúcar (sacarosa) que el más usado Reb A, aunque incluso estos últimos aún eran valorados por los consumidores como “artificiales” o con posgusto prolongado. Esto obliga a reflexionar sobre la afirmación del estudio en Guasave de que la mayoría asocia la estevia con beneficios para la salud: es probable que la aceptación esté mediada tanto por percepción positiva (salud) como por experiencia sensorial (sabor/uso diario). Si bien la percepción es alta, la calidad sensorial sigue siendo un factor crítico en la adopción sostenida.

En segundo lugar, en relación con los efectos sobre la salud, el ensayo randomizado de Effects of the Daily Consumption of Stevia on Glucose Homeostasis, Body Weight, and Energy Intake (2020) encontró que el consumo diario de extracto de estevia durante 12 semanas en adultos sanos no modificó la respuesta glucémica, pero sí se asoció con un menor incremento de peso y una reducción del consumo energético respecto al grupo control. Este hallazgo resulta congruente con la percepción de los consumidores en Guasave que relacionan la estevia con control de glucosa, peso y colesterol. Sin embargo, cabe advertir que los resultados de la ciencia aún son modestos y contextuales —como también lo confirma la revisión sistemática y meta-análisis sobre apetito y energía del uso de estevia, que concluye que no hay efectos significativos sobre el apetito en adultos (evidencia de muy baja a moderada).

En tercer lugar, la dimensión de la percepción del “beneficio para la salud” merece un análisis crítico: la literatura advierte que los consumidores muchas veces asocian “natural” con “seguro” o “saludable” sin un conocimiento profundo del producto (ver análisis de Institute for Environmental Research & Education sobre los sesgos de procesamiento de la estevia). En Guasave, esta asociación puede explicar la alta adopción, pero también significa que podría existir una brecha entre la percepción y el conocimiento técnico-científico del producto.

Con base en lo anterior, varios aspectos del estudio merecen destacarse:

- La frecuencia de consumo diaria o semanal documentada indica que la estevia ha sido integrada al patrón alimentario local, no solo como novedad. Esto abre la posibilidad de considerarla como parte de estrategias de salud pública y producción local.
- El predominio de la presentación en polvo confirma que los consumidores optan por formatos prácticos —algo relevante para diseñadores de producto y cadenas de suministro en la región.

- La alta aceptación asociada a beneficios de salud —glucosa, peso, colesterol— sugiere una ventana de oportunidad para intervenciones de educación alimentaria, así como para apoyos productivos a la cadena de valor de la estevia en Sinaloa.

No obstante, también hay limitaciones y desafíos que se desprenden del análisis literario y local:

- Aunque la percepción es alta, la calidad sensorial de estevia (sabor, posgusto) sigue siendo una barrera reconocida internacionalmente (ver estudios sobre sustitución en bebidas de albaricoque o jugos: a mayor concentración de estevia, mayor percepción negativa de sabor). En el contexto de Guasave, sería útil explorar si los consumidores han tolerado el sabor por los beneficios percibidos o si prefieren mezclas o formatos que mitiguen el sabor residual.
- La percepción de “beneficio para la salud” no necesariamente corresponde con evidencia robusta en todos los ámbitos (por ejemplo, efectos sobre colesterol o metabolismo a largo plazo). Es importante plantear que la utilización de estevia como mejora directa de salud aún requiere mayor investigación.
- Dado que la aceptación es tan alta, cabe preguntarse si hay diferencias significativas por variables sociodemográficas (edad, nivel educativo, ingreso, diagnóstico de diabetes) que podrían modular la percepción y el uso.
- Por otro lado, la integración de estevia en la dieta de Guasave puede abrir un espacio para desarrollo socio-económico local de la producción de esta planta, pero requiere garantizar calidad (perfil sensorial, pureza del extracto) para evitar rechazo o estancamiento.

En suma, el uso de la estevia en Guasave aparece como un caso de adopción relativamente avanzada, en el que la percepción favorable —apoyada por tendencias de consumo saludable— ha generado una alta penetración. Aun así, debe leerse con cautela: la ciencia apunta a efectos positivos pero moderados, y la percepción del consumidor se encuentra mediada tanto por el sabor como por la disposición a considerar alternativas al azúcar. Por lo tanto, el estudio ofrece una base prometedora para futuras investigaciones locales: por ejemplo, explorar la relación entre percepción y conocimiento real del producto, realizar estudios sensoriales en la población local (como los descritos en la literatura internacional), y diseñar intervenciones de educación alimentaria y desarrollo productivo que tomen en cuenta tanto el sabor como la evidencia de salud de la estevia.

5. CONCLUSIONES.

El presente estudio permitió identificar que existe una alta aceptación hacia la estevia como edulcorante natural entre la población adulta del municipio de Guasave. Los resultados reflejaron una tendencia positiva hacia el consumo de

alternativas más saludables al azúcar, la cual está motivada por el interés en el bienestar personal y la prevención de enfermedades relacionadas con el consumo excesivo de azúcar.

La encuesta aplicada permitió identificar el nivel de conocimiento y uso de la estevia, motivaciones para consumirla, preferencias de presentación, frecuencia de consumo y percepción del sabor.

Entre los principales resultados destacaron que más del 90% de los encuestados consumen estevia, siendo la presentación en polvo (sobrecitos) la preferida con un 64.60%, seguida por su uso en bebidas y presentaciones líquidas; con una frecuencia de consumo diaria (29.63%) o semanal. La mayoría de los consumidores encuestados atribuyen a la estevia beneficios para la salud, especialmente en el control de glucosa, control de peso y colesterol.

La alta aceptación de dicho edulcorante natural también puede representar una oportunidad para los productores de Sinaloa, diversificando la producción agrícola en la región mediante el cultivo de estevia, lo cual podría fortalecer la economía rural, generar empleos y fomentar prácticas agrícolas más sostenibles.

Dicho estudio impacta a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), al promover el uso de la estevia como alternativa natural al azúcar, con beneficios tanto para la salud como para el medio ambiente, entre ellos el ODS 2 (Hambre cero), al abrir oportunidades para diversificar la producción agrícola con cultivos más sostenibles y nutritivos; ODS 3 (Salud y Bienestar), al fomentar el consumo de un edulcorante que contribuye a la prevención de enfermedades crónicas y ODS 12 (Producción y consumo responsable), al impulsar prácticas de consumo más conscientes y responsables.

6. REFERENCIAS.

- Bohórquez Rivero, J., Saenz Lopez, J. D., Restom-Arrieta, J. G., Tatis Villamizar, K. E., Sánchez Martínez, D., Brieva Deulofeut, M., Montenegro Gómez, A. P., & Abuabara-Franco, E. (2021). Edulcorantes artificiales y su papel en la enfermedad renal crónica: Artificial sweeteners and their role in chronic kidney disease. *Revista Colombiana de Nefrología*, 8(3), e534. <https://doi.org/10.22265/acnef.8.3.534>
- Castro-Muñoz, R., Correa-Delgado, M., Córdova-Almeida, R., Lara-Nava, D., Chávez-Muñoz, M., Velásquez-Chávez, V. F., Hernández-Torres, C. E., Gontarek-Castro, E., & Ahmad, M. Z. (2022). Natural sweeteners: Sources, extraction and current uses in foods and food industries. *Food Chemistry*, 370, 130991. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130991>
- Eren, D., & Yildiz, E. (2024). *Determination of Physicochemical and Sensory Properties of Apricot Nectar Sweetened with Stevia and Sucrose Mixtures*. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 37(2), 145–153. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.1532219>

- Gayosso-Rodríguez, S., Sánchez-Hernández, R., Estrada-Botello, M. A., & Lázaro-Díaz, A. (2023). Enmiendas orgánicas en el crecimiento de Stevia rebaudiana en Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(3), 425-435. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i3.3135>
- Goyal, S. K., Samsheer, & Goyal, R. K. (2010). *Stevia (Stevia rebaudiana) a bio-sweetener: a review*. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(1), 1–10. <https://doi.org/10.3109/09637480903193049>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Censo de población y vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2024). Estadísticas de Defunciones Registradas (EDR). https://inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2025/edr/EDR2024_CP_ene-dic.pdf
- Institute for Environmental Research & Education (IERE). (2023). *Why are people avoiding stevia?* <https://iere.org/why-are-people-avoiding-stevia/>
- Joseph, D. & George, J. (2019). Remedial potentials of sweet leaf: a review on stevia rebaudiana. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research* 54: 91-95
- Lohner, S., Toews, I., & Meerpohl, J. J. (2020). *Health outcomes of non-nutritive sweeteners: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials and observational studies*. *BMJ*, 364, k4718. <https://doi.org/10.1136/bmj.k4718>
- Rahayu, R. I.; Intan, B. M. & Lestari, K. (2020). A Comprehensive review of Stevia rebaudiana Bertoni effects on human health and its mechanism. *J. Adv. Pharm. Ed. Res.* 10(2):91-95. <https://japer.in/article/a-comprehensive-review-of-stevia-rebaudiana-bertoni-effects-on-human-health-and-its-mechanism>
- Ramírez-Jaramillo, G., & Lozano-Contreras, M.G. 2017. La producción de Stevia rebaudiana Bertoni en México. *Agroproductividad* 10(8): 84-90. <https://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/108>
- Sánchez-Otero, M. G., Alexander Aguilera, A., Díaz González, C., Waksman, N., & Paniagua Vega, D. (2024). Diseño y prueba inicial de un instrumento para conocer el uso y consumo de la Stevia rebaudiana en Veracruz-Boca del Río: Design and initial test of an instrument to know the use and consumption of Stevia rebaudiana in Veracruz-Boca del Río. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 18(2), e1392. <https://doi.org/10.54167/tch.v18i2.1392>
- Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., & Raposo, A. (2020). Natural Sweeteners: The Relevance of Food Naturalness for Consumers, Food Security Aspects, Sustainability and Health Impacts. *International Journal of*

- Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6285.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17176285>
- Talevi, A. (2022). Potential medicinal effects and applications of stevia constituents. *Phytochemistry Reviews*, 21(1), 161-178. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09753-5>
- Tao, W., & Cho, S. (2020). *Consumer-Based Sensory Characterization of Steviol Glycosides (Reb A, D, and M)*. *Foods*, 9(9), 1219. <https://doi.org/10.3390/foods9091219>
- Tey, S. L., Salleh, N. B., Henry, J., & Forde, C. G. (2020). *Effects of the Daily Consumption of Stevia on Glucose Homeostasis, Body Weight, and Energy Intake: A Randomized Controlled Trial*. *Nutrients*, 12(10), 3049. <https://doi.org/10.3390/nu12103049>
- Vélez, I. R., & Hernández, M. V. (2011). Cálculo de probabilidades 1. España: UNED
- Yildiz, M., & Karhan, M. (2021). Characteristics of some beverages adjusted with stevia extract, and persistence of steviol glycosides in the mouth after consumption. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100326. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100326>

HACIA UNA FRONTERA INTELIGENTE: BRECHAS SOCIOECONÓMICAS Y OPORTUNIDADES DE INTEGRACIÓN DIGITAL EN BAJA CALIFORNIA.

Juan Antonio Meza Fregoso

Universidad Autónoma Baja California

juanmezaf@uabc.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9780-5873>

RESUMEN

En un contexto donde la transformación digital redefine las dinámicas sociales y económicas, este estudio analiza cómo dichos cambios interactúan con las desigualdades estructurales en la frontera de Baja California. Con datos del tercer trimestre de 2024 de la ENOE, se comparan las condiciones socioeconómicas y demográficas de la población local y no local, especialmente en educación, salud y empleo. Los hallazgos muestran que la población no local enfrenta mayores niveles de exclusión educativa y sanitaria, así como una inserción laboral más precaria, evidenciando brechas asociadas al origen migratorio, la escolaridad y la condición laboral. Esto subraya la urgencia de políticas públicas focalizadas en equidad e inclusión, particularmente en municipios con alta movilidad. Asimismo, se propone aprovechar la digitalización para mejorar el acceso a servicios y fortalecer la cohesión social. Se concluye que las políticas regionales deben incorporar la transformación digital como eje transversal para construir una frontera más equitativa e inclusiva.

Palabras clave: Brecha digital; Desigualdad socioeconómica; Migración transfronteriza.

ABSTRACT

In a context where digital transformation reshapes social and economic dynamics, this study examines how these changes interact with structural inequalities in the Baja California border region. Using third-quarter 2024 ENOE data, the analysis compares socioeconomic and demographic conditions between local and non-local populations, with emphasis on access to education, health, and employment. The findings reveal significant gaps linked to migratory origin, educational level, and labor status, showing that non-local residents face greater exclusion and job precarity. These disparities highlight the need for equity-oriented public policies, especially in high-mobility border territories. The study also proposes the strategic use of digital tools to improve access to essential services and strengthen social cohesion. It

concludes that public policies must integrate digital transformation as a cross-cutting axis to build a more equitable, resilient, and inclusive border region.

Keywords: Digital divide; Socioeconomic inequality; Cross-border migration.

1. INTRODUCCIÓN

La región de Baja California, ubicada en la frontera entre México y Estados Unidos, presenta una dinámica demográfica y socioeconómica única, influida por su posición geográfica y los constantes flujos migratorios. Las diferencias entre las poblaciones locales y no locales pueden tener profundas implicaciones en el acceso a recursos, oportunidades económicas y servicios básicos, incluyendo educación y salud.

El objetivo general es analizar las diferencias socioeconómicas y demográficas entre la población local y no local en Baja California, utilizando los datos del tercer trimestre de 2024 de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo.

Los resultados indican que existe una distribución equilibrada de género en la mayoría de los municipios, con una notable juventud en la base poblacional. Sin embargo, se observaron marcadas disparidades en educación y empleo, donde los locales tienden a tener mayores niveles de educación formal y mejor acceso a empleos formales. En términos de salud, los locales disfrutaban de mejor acceso a servicios médicos en comparación con los no locales, quienes enfrentan una exclusión significativa. Se concluye la necesidad de implementar políticas que mejoren la integración de los no locales y fomenten un desarrollo regional más equitativo. La investigación recalca la importancia de abordar estas desigualdades para asegurar un acceso equitativo a oportunidades y recursos, promoviendo así un entorno más inclusivo y sostenible para todos los residentes de la región.

2. REVISIÓN LITERARIA

La región fronteriza entre México y Estados Unidos constituye un espacio de alta complejidad sociopolítica, económica y demográfica. Diversos estudios destacan que procesos como la securitización y la “fronterización”, intensificados durante la pandemia de COVID-19 (Lara-Valencia et al., 2021), han redefinido la gobernanza fronteriza, fenómeno también observado en países como Brasil (Ibarra, 2021). A nivel económico, los trabajadores transfronterizos desempeñan un papel central al dinamizar el gasto en hogares fronterizos (Orraca, 2023) dentro de un entorno institucional distinto al resto del país (Gerber, 2020). Esta región opera como un espacio de tensión y articulación simultánea (Molina-Espinoza, 2021), donde emergen incluso grupos vigilantes que desestabilizan el orden social (Meneses et al., 2023). En términos demográficos, la movilidad interna —como el desplazamiento de habitantes de Chiapas hacia Tijuana— configura un patrón migratorio persistente (Israel et al., 2022) que se suma a transformaciones históricas

como la reducción de poblaciones indígenas en el periodo misional y su repunte migratorio en el siglo XIX (Trejo, 2005).

Las desigualdades también se manifiestan desde una perspectiva de género y origen cultural. Las mujeres transfronterizas enfrentan dificultades particulares vinculadas al empleo, los derechos y las responsabilidades de cuidado (Villarreal et al., 2021), mientras que las inmigrantes jóvenes presentan un conocimiento limitado sobre salud sexual y reproductiva, evidenciando necesidades educativas urgentes (González, 2020). Asimismo, investigaciones documentan casos de violencia doméstica y la gestión de riesgos cotidianos asociados a la vida en zonas fronterizas (Suárez et al., 2020). Este panorama se vuelve aún más complejo si se considera que las poblaciones inmigrantes tienden a ser más jóvenes, con mayores ingresos y mejor nivel educativo que los trabajadores transfronterizos (Orraca, 2015), y que la región también atrae a jubilados estadounidenses por beneficios ambientales y socioeconómicos (Lardies, 2014). A su vez, estudios como los de Verdugo et al. (2023), Camacho (2024) y Tinajero Villavicencio et al. (2024) muestran que las barreras educativas afectan especialmente a niños migrantes internos e indígenas, dificultando su inscripción escolar y su integración plena al sistema educativo.

Adicionalmente, la evidencia empírica señala desigualdades persistentes en indicadores clave como pobreza, empleo, acceso a servicios y desarrollo educativo. Los inmigrantes recientes en Baja California presentan mayores tasas de pobreza comparados con residentes de largo plazo (Peláez Herreros et al., 2021), mientras que el capital social influye fuertemente en el acceso a servicios de salud y beneficios sociales, aunque no en los ingresos laborales (Bustos et al., 2024). Las poblaciones indígenas continúan enfrentando brechas profundas en el acceso a la salud pese a una mayor cobertura de seguro (Leyva-Flores et al., 2013), y las escuelas en zonas marginadas luchan por cerrar brechas educativas (Jiménez, 2017). En el ámbito laboral, la educación terciaria mejora la calidad del empleo, sobre todo entre mujeres (Salas, 2018). Finalmente, las diferencias demográficas entre ciudades como Tijuana —marcada por una población más joven producto de la inmigración— y Mexicali —en proceso de envejecimiento— evidencian desafíos regionales diferenciados (Zepeda et al., 2007). En conjunto, la literatura señala la necesidad de políticas públicas adaptadas al territorio que aborden desigualdades persistentes y atiendan las particularidades socioeconómicas de una frontera dinámica y diversa.

3. METODOLOGÍA

La metodología del estudio se centra en la utilización de datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) correspondiente al tercer trimestre de 2024, la ENOE, administrada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), provee un amplio rango de datos sobre las características demográficas y laborales de la población, incluyendo empleo, desempleo, sectores de empleo,

ingresos, y otras variables socioeconómicas críticas que son fundamentales para analizar la dinámica del mercado laboral y las condiciones de vida.

Para el análisis, se seleccionaron las variables Sexo (Hombre, Mujer), Estado Civil (Casado(a), Divorciado(a), Separado(a), Soltero(a), Unión libre, Viudo(a)), Nivel de Escolaridad (Ninguno, No Sabe, Preescolar, Primaria, Secundaria, Bachillerato, Carrera técnica, Normal, Profesional, Maestría, Doctorado), Edad (categorías de 15 años en adelante en intervalos de cinco años hasta '75 o más'), Lugar de nacimiento (Local, Otro estado de México, Otro país), Ocupación y Posición en la ocupación (Disponibles para trabajar, No disponibles para trabajar, Población desocupada, Población ocupada, Empleadores, Trabajadores por cuenta propia, Trabajadores sin pago, Trabajadores subordinados y remunerados), en cuanto al Acceso a instituciones de salud (Con acceso, Sin acceso, No especificado, No aplica). La categorización de la Población fue Local (Personas nacidas en Baja California y personas según su lugar de residencia el año pasado en el mismo estado) y No local (Personas que realizaron un movimiento de residencia, considerando las personas no nacidas en Baja California, y que su lugar de residencia hace un año fue en otro municipio, estado o país)

El análisis de los datos se desarrolló en 3 fases, la inicial involucra la elaboración de estadísticas descriptivas para entender las características básicas de la población. Se calculan medidas de tendencia central, proporciones y frecuencias que ayudan a describir la distribución de variables. La segunda fase compara los grupos locales y no locales para identificar diferencias significativas en variables como educación, estado civil, acceso a salud y condiciones laborales, para comprender disparidades entre los grupos e identificar áreas donde las políticas pueden dirigirse para mejorar la equidad y la integración, la fase final elabora tablas y gráficos que resumen los datos analizados.

4. RESULTADOS

La distribución de género es equilibrada en la mayoría de los municipios, reflejando una diversidad en la composición de la población. Este balance es un indicador importante para entender las dinámicas sociales y laborales regionales. La población total del estado asciende a 3,026,851 personas, de las cuales 1,468,914 son hombres (49%) y 1,557,937 son mujeres (51%). En Ensenada, la población masculina es de 211,268 (50%) y la femenina de 213,078 (50%), totalizando 424,346 personas. En Mexicali tiene una población masculina de 416,627 (48%) y femenina de 451,263 (52%), con un total de 867,890 habitantes. En Playas de Rosarito, se registran 41,718 hombres (50%) y 42,153 mujeres (50%), sumando 83,871 personas. En San Quintín, hay 6,953 hombres (47%) y 7,749 mujeres (53%), con un total de 14,702 habitantes. Tecate cuenta con 37,133 hombres (47%) y 41,736 mujeres (53%), alcanzando 78,869 personas en total. Tijuana tiene 755,215 hombres (48%) y 801,958 mujeres (52%), con un total de 1,557,173 habitantes.

La variable "edad" presenta una media de 41 años, lo que indica que, en promedio, los participantes del estudio tienen esta edad. La desviación estándar es de 18 años, lo que refleja una variabilidad moderada en las edades de los encuestados. El rango de edades va desde un mínimo de 15 años hasta un máximo de 97 años, mostrando una amplia distribución en la población analizada. En Baja California la población joven, especialmente en el rango de 15 a 34 años, predomina sobre la población adulta mayor. Aunque existen ligeras variaciones entre las regiones, en general se observa una estructura demográfica predominantemente juvenil, lo que refleja una base poblacional con mayor concentración en edades tempranas, ilustración 1.

Ilustración 1.- Pirámide poblacional por municipio



Nota: sexo hombre del lado izquierdo de la gráfica

En la tabla 1 muestra que la población nació en el mismo estado 1,568,872 personas (51.83%), seguida por 1,377,621 (45.51%) provenientes de otros estados. 65,423 personas (2.16%) nacieron en Estados Unidos, 11,131 personas (0.37%) en Latinoamérica, 2,566 personas (0.08%) en China, y 320 personas (0.01%) en Japón. De acuerdo al lugar de nacimiento en otro estado son Sinaloa 234,269 personas, (17.01%), Sonora 133,226 personas, (9.67%) y Jalisco 123,409 personas, (8.96%), destacan otros cinco lugares: Michoacán con 94,895 personas (6.89%), el Distrito Federal con 94,172 personas (6.83%), Guanajuato con 55,647 personas (4.04%), Chiapas con 82,686 personas (6.00%) y Guerrero con 49,553 personas (3.60%) hay una diversidad de personas de otros.

La tabla 2 muestra la distribución educativa, destacan Mexicali y Tijuana como los más avanzados en acceso a la educación superior, ambos municipios presentan altas proporciones en niveles de preparatoria (26.83% y 27.73%, respectivamente) y profesional (24.42% y 21.83%), reflejan una tendencia positiva hacia la formación avanzada. Sin embargo, los estudios de maestría y doctorado permanecen bajos en todos los municipios, señalando la necesidad de fortalecer la promoción de la educación superior avanzada. Por otro lado, municipios como Playas de Rosarito y Tecate presentan una concentración notable en secundaria (21.94% y 33.63%, respectivamente) y preparatoria (29.49% y 22.53%), aunque muestran un avance moderado en niveles profesionales, todavía enfrentan retos importantes para ampliar el acceso a estudios avanzados. En particular, Playas de Rosarito tiene un rezago en la transición hacia niveles más altos, mientras que Tecate presenta un perfil más equilibrado en su distribución educativa. San Quintín tiene altas proporciones en primaria (29.46%) y secundaria (32.81%) y una participación muy baja en niveles superiores como preparatoria (17.51%) y profesional (3.98%).

La tabla 3 presenta la distribución de los habitantes de Baja California según su tipo de origen migratorio y residencia anterior. Ensenada y Mexicali muestran un predominio de población nacida en el mismo estado, representando el 58.53% y 63.83% respectivamente. Sin embargo, Mexicali cuenta con una proporción mayor de migrantes nacidos en otros estados (32.99%) en comparación con Ensenada (39.68%). En ambos casos, el porcentaje de migrantes internacionales es mínimo, destacándose Mexicali con un 0.12% de este tipo de población. En el caso de Playas de Rosarito y Tecate presentan un equilibrio entre los nacidos en el mismo estado y aquellos nacidos en otros estados, aunque sus proporciones son menores en comparación con Mexicali y Ensenada. San Quintín destaca por una concentración baja de residentes locales nacidos en el estado (28.34%) y un porcentaje considerable de migrantes estatales (68.47%). Tijuana, el municipio más poblado, presenta una distribución notablemente mixta con un 43.46% de locales y un 52.55% de migrantes de otros estados, reflejando su papel como un punto de atracción migratoria en la región. La población nacida en el mismo estado representa el 51.76%, mientras que los migrantes internacionales son los menos representados con solo el 0.06%.

Según la Organización Internacional para las Migraciones (OIM), "migrante" es una persona que se traslada fuera de su lugar de residencia habitual, ya sea dentro de un país o a través de una frontera internacional, de manera temporal o permanente, y por diversas razones. En este trabajo se usa ¿en qué estado o municipio de la República o en qué país vivía ...?, se realizar una agrupación de las personas locales considerando a personas nacidas en Baja California y personas según su lugar de residencia el año pasado en el mismo estado y no locales a personas que realizaron un movimiento de residencia, considerando las personas no nacidas en Baja California, y que su lugar de residencia hace un año fue en otro municipio, estado o país.

La tabla 4 muestra que en Ensenada hay una población local de 248,377, 59% de su población total, los no locales 175,969 personas 41%. Mexicali presenta 553,943 64% personas locales, frente a 313,947 no locales 36%. Playas de Rosarito y Tecate tienen una distribución más equilibrada con un 51% y 52% de locales, respectivamente. San Quintín tiene el mayor porcentaje de no locales, con un 72% (10,535 personas) frente a un 28% de locales (4,167 personas). Tijuana tiene 676,753 locales y 880,420 no locales, siendo el municipio con el mayor número de no locales, un 57% de su población total. Baja California tiene 52% de su población local y un 48% como no local, sumando un total de 3,026,851 personas. La tabla 5 muestra que la mayoría son mujeres locales 51% y 52% no locales sobre los hombres.

Tabla 1. Lugar de nacimiento de la población

Municipio	China	Japón	Latinoamérica	Mismo Estado	Otro estado	Otro país	USA	Total
Ensenada	748 (0.18%)	320 (0.08%)	1,242 (0.29%)	248,872 (58.65%)	170,990 (40.29%)	593 (0.14%)	1,581 (0.37%)	424,346
Mexicali	619 (0.07%)	2,880 (0.33%)	2,880 (0.33%)	554,819 (63.93%)	293,554 (33.82%)	95 (0.01%)	15,923 (1.83%)	867,890
Playas de Rosarito	214 (0.00%)	-	42,674 (0.26%)	42,674 (50.88%)	38,511 (45.92%)	-	2,472 (2.95%)	83,871
San Quintín	117 (0.00%)	-	4,167 (0.80%)	4,167 (28.34%)	10,418 (70.86%)	-	-	14,702
Tecate	-	-	40,651 (51.54%)	40,651 (51.54%)	36,770 (46.62%)	-	1,448 (1.84%)	78,869
Tijuana	1,199 (0.08%)	6,678 (0.43%)	6,678 (0.43%)	677,689 (43.52%)	827,378 (53.13%)	230 (0.01%)	43,999 (2.83%)	1,557,173
Baja California	2,566 (0.08%)	320 (0.01%)	1,1131 (0.37%)	1,568,872 (51.83%)	1,377,621 (45.51%)	918 (0.03%)	65,423 (2.16%)	3,026,851

Tabla 2.- Nivel de escolaridad de la población

Municipio	Ninguno	No Sabe	Preescolar	Primaria	Secundaria	bachillerato	Carrera técnica	Normal	Profesional	Maestría	Doctorado	Total
Ensenada	12,492 (2.94%)	1,272 (0.3%)	-	70,608 (16.64%)	104,682 (24.67%)	119,120 (28.07%)	8,809 (2.08%)	288 (0.07%)	95,851 (22.59%)	9,417 (2.22%)	1,807 (0.43%)	424,346
Mexicali	18,287 (2.11%)	1,400 (0.16%)	623 (0.07%)	108,835 (12.54%)	239,940 (27.65%)	232,821 (26.83%)	30,226 (3.48%)	2,725 (0.31%)	211,911 (24.42%)	18,931 (2.18%)	2,191 (0.25%)	867,890
Playas de Rosarito	2,377 (2.83%)	-	-	14,922 (17.79%)	18,405 (21.94%)	24,734 (29.49%)	4,593 (5.48%)	183 (0.22%)	17,480 (20.84%)	1,177 (1.4%)	-	83,871
San Quintín	2,271 (15.45%)	-	-	4,331 (29.46%)	4,823 (32.81%)	2,575 (17.51%)	-	-	585 (3.98%)	117 (0.8%)	-	14,702
Tecate	2,064 (2.62%)	-	-	16,162 (20.49%)	26,527 (33.63%)	17,768 (22.53%)	1,104 (1.4%)	-	14,978 (18.99%)	-	266 (0.34%)	78,869
Tijuana	30,932 (1.99%)	3,059 (0.2%)	2,060 (0.13%)	263,571 (16.93%)	433,655 (27.85%)	431,828 (27.73%)	30,517 (1.96%)	2,602 (0.17%)	339,877 (21.83%)	17,254 (1.11%)	1,818 (0.12%)	1,557,173
Total	68,423 (2.26%)	5,731 (0.19%)	2,683 (0.09%)	478,429 (15.81%)	828,032 (27.36%)	828,846 (27.38%)	75,249 (2.49%)	5,798 (0.19%)	680,682 (22.49%)	46,896 (1.55%)	6,082 (0.2%)	3,026,851

Tabla 3.- Tipo de inmigrante de acuerdo al lugar de nacimiento y de residencia al año pasado

Municipio	Local	Local (Nacido otro estado)	Local (Nacido otro país)	Inmigrante Estatal	Inmigrante Internacional	Inmigrante Municipal	Total
Ensenada	248,377 (58.53%)	168,397 (39.68%)	4,164 (0.98%)	2,913 (0.69%)		495 (0.12%)	424,346
Mexicali	553,943 (63.83%)	286,344 (32.99%)	18,793 (2.17%)	6,897 (0.79%)	1,082(0.12%)	831 (0.10%)	867,890
Playas de Rosarito	42,674 (50.88%)	38,511 (45.92%)	2,686 (3.20%)				83,871

San Quintín	4,167 (28.34%)	10,067 (68.47%)	117 (0.80%)	234 (1.59%)		117 (0.80%)	14,702
Tecate	4,651 (51.54%)	36,770 (46.62%)	1,448 (1.84%)				78,869
Tijuana	676,753 (43.46%)	818,286 (52.55%)	49,132 (3.16%)	11,686 (0.75%)	733 (0.05%)	583 (0.04%)	1,557,173
Total	1,566,565 (51.76%)	1,358,375 (44.88%)	76,340 (2.52%)	21,730 (0.72%)	1,815(0.06%)	2,026(0.07%)	3,026,851

Tabla 4.- Personas locales y no locales

Municipio	Local	No Local	Total
Ensenada	248,237 (59%)	175,969 (41%)	424,346
Mexicali	553,943 (64%)	313,947 (36%)	867,890
Playas de Rosarito	42,674 (51%)	41,197 (49%)	83,871
San Quintin	4,167 (28%)	10,535 (72%)	14,702
Tecate	40,651 (52%)	38,218 (48%)	78,869
Tijuana	676,753 (43%)	880,420 (57%)	1,557,173
Total	1,566,565 (52%)	1,460,286 (48%)	3,026,851

Tabla 5.- Personas locales y no locales, por sexo

Persona	Hombre	Mujer	Total
Local	775,270 (49%)	791,295 (51%)	1,566,565
No local	693,644 (48%)	766,642 (52%)	1,460,286
Total	1,468,914 (49%)	1,557,937 (51%)	3,026,851

Tabla 6.- Personas locales y no locales, por estado conyugal

	Local	No local	Total
Casado(a)	435,257 (28%)	574,441 (39%)	1,009,698 (33%)
Divorciado(a)	39,253 (3%)	27,309 (2%)	66,562 (2%)
Separado(a)	52,784 (3%)	82,302 (6%)	135,086 (4%)
Soltero(a)	740,086 (47%)	341,222 (23%)	1,081,308 (36%)
Unión libre	259,601 (17%)	335,929 (23%)	595,530 (20%)
Viudo(a)	39,584 (3%)	99,083 (7%)	138,667 (5%)
Total	1,566,565	1,460,286	3,026,851

Tabla 7.- Personas locales y no locales, por Nivel de escolaridad

	Local	No local	Total
Ninguno	11,623 (0.74%)	56,800 (3.89%)	68,423 (2.26%)
No Sabe	3,687 (0.24%)	2,044 (0.14%)	5,731 (0.19%)
Preescolar	934 (0.06%)	1,749 (0.12%)	2,683 (0.09%)
Primaria	124,658 (7.96%)	353,771 (24.23%)	478,429 (15.81%)
Secundaria	420,674 (26.85%)	407,358 (27.90%)	828,032 (27.36%)
bachillerato	496,207 (31.67%)	332,639 (22.78%)	828,846 (27.38%)
Carrera técnica	32,044 (2.05%)	43,205 (2.96%)	75,249 (2.49%)
Normal	2,701 (0.17%)	3,097 (0.21%)	5,798 (0.19%)
Profesional	442,289 (28.23%)	238,393 (16.33%)	680,682 (22.49%)
Maestría	29,144 (1.86%)	17,752 (1.22%)	46,896 (1.55%)
Doctorado	2,604 (0.17%)	3,478 (0.24%)	6,082 (0.20%)
Total	1,566,565	1,460,286	3,026,851

Se desglosa en la tabla 6 el estado civil el 39% de los no locales está casado (a), comparado con el 28% de los locales, mientras que un 47% de los locales se identifica como soltero, en contraste con solo el 23% de los no locales hay diferencias en las estructuras familiares y decisiones personales. La tabla 7 muestra diferencias claras en el nivel de escolaridad entre la población local y no local. En los locales predominan los niveles de secundaria (26.85%) y bachillerato (31.67%), mientras que entre los no locales destacan primaria (24.23%) y secundaria (27.90%). Los niveles altos de escolaridad profesional, maestría y doctorado son más frecuentes en la población local, que concentra el 28.23% con licenciatura frente al 16.33% de los no locales. En conjunto, estos datos revelan que la población local presenta mayores niveles educativos, mientras que la no local muestra una mayor proporción de personas con escolaridad baja o básica.

La tabla 8 muestra que de 1,566,565 personas locales, el 5% están disponibles para trabajar, y 35% no. el 58% son ocupados y 2% están desocupados. De las personas no locales 6% están disponibles y 33% no lo están, 59% son ocupados y 2% desocupados. En el estado el 59% de la población está ocupada y 2% está desocupada.

La tabla 9 muestra que los trabajadores subordinados y remunerados de la población ocupada son el 46% para los locales y 45% para los no locales. De los no locales (4%) es empleador en comparación con los locales (3%). Hay un alto porcentaje de individuos en la categoría "No aplica", que abarca el 42% de los

locales y el 41% de los no locales, sugiriendo que hay personas en actividades económicas menos formales.

La tabla 10 muestra que el 34% de la población local tiene acceso a instituciones de salud, comparado con un 33% de los no locales, hay un alto porcentaje de personas sin acceso a salud, con un 22% de los locales y un 24% de los no locales. Además, la categoría "No aplica", que incluye el 42% de los locales y el 41% de los no locales individuos que no están cubiertos por seguros de salud vinculados al empleo formal.

5. CONCLUSIONES

La investigación basada en la ENOE 2024 muestra diferencias demográficas y socioeconómicas claras entre la población local y no local en Baja California. Aunque la distribución por sexo es equilibrada, con ligera mayoría femenina, la estructura demográfica revela una base joven concentrada entre los 15 y 34 años. Este perfil implica oportunidades de desarrollo económico y educativo, pero también demanda políticas que atiendan necesidades específicas de servicios y acceso equitativo. En términos educativos y laborales, los locales presentan mayores niveles de escolaridad y mejores condiciones de empleo formal, mientras que muchos no locales carecen de educación formal, lo cual limita su acceso a empleos estables y servicios básicos como salud.

Los hallazgos educativos en la región confirman que los estudiantes no locales enfrentan barreras significativas. Los niños migrantes internos tienen dificultades de inscripción, sobre todo quienes provienen de familias agrícolas o llegan recientemente (Verdugo et al., 2023; Camacho, 2024). Los estudiantes indígenas, especialmente los recién llegados, también se encuentran en riesgo de exclusión educativa (Verdugo et al., 2023; Tinajero Villavicencio et al., 2024). A esto se suman los desafíos de adaptación de estudiantes transnacionales e inmigrantes recientes desde Estados Unidos, quienes suelen registrar inasistencias y rezagos académicos (Osuna et al., 2019; Camacho et al., 2017). De manera preocupante, las jóvenes migrantes muestran un conocimiento limitado en temas de salud sexual y reproductiva, lo que afecta tanto su bienestar personal como la salud comunitaria (González, 2020).

Las inequidades no se distribuyen de manera uniforme en la región, y varían entre grupos demográficos y territoriales (Jiménez, 2017). Además, las diferencias en acceso a servicios de salud persisten, con desventajas claras para la población no local. Estos resultados, junto con los desafíos documentados por la literatura reciente, subrayan la necesidad urgente de políticas públicas inclusivas que aborden desigualdades educativas, laborales y de salud. Para avanzar hacia un desarrollo regional más equitativo y sostenible, se requiere fortalecer los sistemas de registro y seguimiento poblacional, así como diseñar intervenciones

diferenciadas que consideren el origen, la movilidad y las condiciones de vulnerabilidad de la población.

6. RECOMENDACIONES

Para mejorar la integración de la población no local en Baja California, es crucial implementar programas educativos inclusivos con tutorías y becas, establecer centros de salud móviles que brinden servicios básicos e información en zonas de alta concentración migrante y fortalecer la integración laboral mediante programas de capacitación según el mercado local.

7. REFERENCIAS

- Bustos Gutiérrez, M. T., & Vásquez Palma, O. A. (2024). Capital Social en la incorporación de profesionales al mercado de trabajo en México. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–16. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-862>
- Camacho, B. M. G. (2024). Retos y desafíos en el acceso a clases presenciales de los niños en una comunidad migrante: construyendo el objeto de investigación. *South Florida Journal of Development*, 5(7), e4088. <https://doi.org/10.46932/sfjdv5n7-004>
- Camacho Rojas, Elizabeth, & Vargas Valle, Eunice Danitza. (2017). Incorporación escolar de estudiantes provenientes de Estados Unidos de América en Baja California, México. *Sinéctica*, (48) Recuperado en 13 de enero de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-109X2017000100002&lng=es&tlng=es.
- Israel Cazarez, M. de J., & Pintor Sandoval, R. (2022). De frontera a frontera. Flujos migratorios de chiapanecos a Tijuana, Baja California, 2000-2020. *Revista Pueblos Y Fronteras Digital*, 17, 30. <https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2022.v17.573>
- Gerber, J. (2020). Governed and ungoverned integration in the Mexico–US border region. *Regions and Cohesion*, 10, 21-40.
- González Galbán, Humberto, & Fernández de Juan, Teresa. (2010). Género y maltrato: violencia de pareja en los jóvenes de Baja California. *Estudios fronterizos*, 11(22), 97-128. Recuperado en 12 de enero de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-69612010000200004&lng=es&tlng=es.
- González Galbán, H. (2020). Aspectos relacionados a la educación sexual y reproductiva de las jóvenes migrantes de Baja California, México. *Población Y Desarrollo - Argonautas Y Caminantes*, 16, 99–111. <https://doi.org/10.5377/pdac.v16i0.10232>
- Ibarra Ramírez, C. S. (2021). Puentes que unen y muros que separan. Fronterización, securitización y procesos de cambio en las fronteras de

- México y Brasil. *Revista Pueblos Y Fronteras Digital*, 16, 1–5. <https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2021.v16.574>
- Jiménez Moreno, J. A. (2017). Una Mirada Hacia la Calidad de la Educación Primaria en Baja California, México: Marginación Escolar y Equidad en sus Resultados. *REICE. Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia Y Cambio En Educación*, 15(3). <https://doi.org/10.15366/reice2017.15.3.002>
- Lara-Valencia, F., & García-Pérez, H. (2021). Las fronteras de la pandemia: lecciones para la gobernanza y la cooperación en las ciudades de la frontera México-Estados Unidos. *Estudios Fronterizos*, 22(), 1-21. <https://doi.org/10.21670/ref.2104067>
- Lardiés Bosque, R. (2014). A pocos kilómetros, pero en otro país. El retiro de jubilados estadounidenses en Baja California, México. *Geographicalia*, (59-60), 183–197. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.201159-60831
- Leyva-Flores, R., Infante-Xibille, C., & Pablo Gutiérrez, J. (2013). Inequidad persistente en salud y acceso a los servicios para los pueblos indígenas de México, 2006-2012. *Salud Pública De México*, 55(Supl.2), S123-S128. <https://doi.org/10.21149/spm.v55s2.5107>
- Meneses, Guillermo Alonso, & López León, Artemisa. (2023). La vigilancia y el vigilantismo de la frontera Estados Unidos-México. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 44(174), 189-211. Epub 25 de septiembre de 2023. <https://doi.org/10.24901/rehs.v44i174.865>
- Molina-Espinoza, I. (2021). La frontera, esa herida abierta entre México y Estados Unidos. *InterSedes*, 22(45), 280–305. <https://doi.org/10.15517/isucr.v22i45.46633>
- Orraca Romano, P. P. (2015). Inmigrantes y trabajadores transfronterizos en la región fronteriza Estados Unidos-México. *Frontera Norte*, 27(53), 5–35. <https://doi.org/10.17428/rfn.v27i53.97>
- Orraca Romano, Pedro P.. (2023). Trabajadores transfronterizos o commuters internacionales en la frontera México-Estados Unidos: evolución e importancia económica. *Estudios fronterizos*, 24, e118. Epub 19 de agosto de 2024. <https://doi.org/10.21670/ref.2307118>
- Ortiz, L. V. (2000). Migración, género y etnicidad: mujeres indígenas en la frontera de Baja California y California. *Revista Mexicana de Sociología*, 62(1), 145–171. <https://doi.org/10.2307/3541182>
- Osuna García, José Candelario y Jocelyne Rabelo Ramírez, « Estudiantes transnacionales y calidad de los sistemas educativos en la región Tijuana-San Diego », *Revista Universidad en Diálogo*, vol. 9, n.º 1, Enero-Junio 2019, p. 63-85, <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/dialogo/article/view/11949>.

- Peláez Herreros, O., y Espinosa Godínez, J. I. (2021). La pobreza de los recién llegados a Baja California. *región y sociedad*, 33, e1479. doi: 10.22198/rys2021/33/1479
- Salas Durazo, Iván Alejandro. (2018). Análisis de las trayectorias laborales en México desde la perspectiva de la calidad del empleo. *Nova scientia*, 10(21), 576-604. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i21.1477>
- Suárez Rivera, I. A., Be Ramírez, P. A., & Salinas Boldo, C. (2022). Formas de vivir la frontera: Género, trabajo y migración en una región habitacional de Mexicali, Baja California. *Punto Cunorte*, 1(11), 145–170. <https://doi.org/10.32870/punto.v1i11.91> (Original work published 1 de julio de 2020)
- Tinajero Villavicencio, M. G. ., Solis del Moral, S. S., Páez Cárdenas, J., & Rentería-Díaz, I. D. . (2024). El servicio de educación indígena en Baja California: una caracterización . *Frontera Norte*, 36. <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2359>
- Trejo Barajas, D., (2005). Declinación y crecimiento demográfico en Baja California, siglos XVIII y XIX. Una perspectiva desde los censos y padrones locales. *Historia Mexicana*, LIV(3), 761-831.
- Verdugo Núñez, G., & Vargas Valle, E. D. (2024). Asistencia escolar de niños, niñas y adolescentes migrantes internos en la frontera noroeste de México. *Frontera Norte*, 36. <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2337>
- Villarreal Martínez, Magdalena, & Niño Contreras, Lya Margarita. (2021). Dimensiones de género ante el COVID-19: narrativas de mujeres transfronterizas en el contexto Mexicali-Caléxico. *Estudios fronterizos*, 22, e078. Epub 04 de abril de 2022. <https://doi.org/10.21670/ref.2115078>
- Zepeda, E. Y., & Alarcón, R. (2017). Envejecimiento y migración en Baja California. *Frontera Norte*, 19(38), 93–125. <https://doi.org/10.17428/rfn.v19i38.1008>

CONTRADICCIONES ESTRUCTURALES Y POLÍTICAS PÚBLICAS CRÍTICAS PARA DISMINUIR LA CARGA PSICOSOCIAL EN ESTUDIANTES TRABAJADORES DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO CAMPUS AGUA PRIETA.

Lamberto Vázquez Veloz

Tecnológico Nacional de México campus Agua Prieta

l.vazquez@aguaprieta.tecnm.mx.

<https://orcid.org/0000-0002-1270-4537>

Manuel Antonio Rivera Rodríguez

Tecnológico Nacional de México campus Agua Prieta

m.rivera@aguaprieta.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3714-3908>

Raúl Rodríguez Hoyos

Tecnológico Nacional de México campus Agua Prieta

r.rodriguez@aguaprieta.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0000-3555-8408>

Rolando Díaz García

Tecnológico Nacional de México campus Agua Prieta

r.diaz@aguaprieta.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0007-5157-664X>

RESUMEN

Este capítulo analiza críticamente la carga psicosocial en estudiantes del TecNM campus Agua Prieta que combinan estudio y trabajo remunerado, en el eje “Desarrollo con bienestar y humanismo”. Desde un paradigma crítico y un diseño mixto de estudio de caso, con alcance descriptivo-propositivo, se aplicó un cuestionario adaptado de la NOM-035-STPS-2018 a una muestra censal no probabilística de 60 estudiantes – trabajadores (18–54 años). El instrumento integró variables sociodemográficas, académicas, laborales y psicosociales y permitió estimar niveles de riesgo conforme a los umbrales normativos de la STPS. Los resultados muestran que 48.3 % de la muestra se ubica en niveles de intervención prioritaria (\geq alto) y 81.7 % en niveles que demandan atención programada (\geq medio); el pico de exposición se concentra en 7.º semestre y el riesgo aumenta a partir de las 40 h semanales de trabajo. Estos hallazgos se interpretan como expresión de precarización estructural en contextos periféricos, más que como problema individual de adaptación. A partir del análisis se proponen lineamientos de política pública crítica: institucionalizar umbrales y alertas de carga laboral, integrar

la experiencia laboral al currículo mediante flexibilización académica, calendarizar apoyos en semestres de alta demanda y articular convenios intersectoriales de salud mental y protección social. El estudio demuestra que la NOM-035 puede utilizarse como dispositivo decisional basado en evidencia situada y aporta una agenda de acción orientada a la dignidad, equidad y sostenibilidad del bienestar juvenil.

Palabras clave: Carga psicosocial, estudiantes-trabajadores, desarrollo con bienestar y humanismo.

ABSTRACT

This chapter offers a critical analysis of the psychosocial burden among students at TecNM campus Agua Prieta who combine higher education with paid employment, framed within the axis “Development with Well-being and Humanism”. Under a critical paradigm and a mixed case-study design with descriptive and propositional scope, a questionnaire adapted from NOM-035-STPS-2018 was applied to a non-probabilistic census sample of 60 working students (18–54 years). The instrument incorporated sociodemographic, academic, occupational and psychosocial variables and allowed risk levels to be estimated according to the official thresholds of the Mexican Ministry of Labour. Results show that 48.3% of participants fall into priority-intervention levels (\geq High) and 81.7% into levels requiring programmed attention (\geq Medium); exposure peaks in the 7th semester and risk increases from 40 weekly working hours onward. These findings are interpreted as an expression of structural precariousness in peripheral contexts rather than an individual adaptation problem. On this basis, the study proposes critical public policy guidelines: institutionalizing workload thresholds and alerts, integrating work experience into the curriculum through academic flexibility, scheduling targeted support in high-demand semesters and establishing intersectoral agreements for mental-health care and social protection. The study shows that NOM-035 can be used as a decision-making device grounded in situated evidence and contributes an agenda for action centred on youth dignity, equity and sustainable well-being.

Keywords: Psychosocial burden; working students; development with wellbeing and humanism.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el estudio del bienestar universitario ha adquirido una relevancia particular en América Latina, especialmente en regiones periféricas donde las desigualdades sociales, económicas y territoriales condicionan la vida académica. En este escenario, una proporción creciente de estudiantes compagina la educación superior con empleos formales o informales, conformando una doble jornada que transforma su experiencia educativa y configura nuevos modos de vulnerabilidad. La literatura reciente advierte que estas tensiones no pueden

atribuirse únicamente a un problema de organización personal, sino que responden a entramados sociotécnicos más amplios en los que interactúan precariedad laboral, rigidez institucional y exigencias familiares (Martínez Moreno et al., 2021; Ocampo-Gómez, 2021; Ozuna, 2022).

Desde esta perspectiva, la carga psicosocial se manifiesta no como un fenómeno aislado, sino como el resultado de un proceso acumulativo donde largas jornadas, inseguridad económica, fragmentación del tiempo y demandas académicas elevadas producen afectaciones cognitivas, emocionales y físicas (Panaia, 2022; Salinas, 2023). En particular, la doble pertenencia, trabajo y universidad, tiende a intensificar la sensación de insuficiencia, el estrés crónico y la reducción del bienestar, afectando tanto el rendimiento académico como la permanencia escolar. Estas dinámicas son especialmente visibles en instituciones de educación pública ubicadas en zonas fronterizas o de alta movilidad laboral, donde la presión económica obliga a los jóvenes a incorporarse tempranamente al mercado laboral. Asimismo, investigaciones contemporáneas han señalado que la propia estructura universitaria contribuye a la generación de riesgo psicosocial cuando mantiene modelos educativos rígidos que dificultan la compatibilidad entre estudio y trabajo. Las dificultades para conformar cargas académicas flexibles (Ocampo-Gómez, 2021), la presión por desarrollar habilidades profesionales y competencias transversales (Ngo, 2024), así como el equilibrio entre responsabilidades familiares y universitarias (Palomares Cantero, 2023), forman parte de una ecología educativa que impacta la salud mental y el bienestar integral del estudiante. Estas exigencias, sumadas a la precarización laboral, dibujan un panorama donde el riesgo psicosocial se convierte en una expresión cotidiana de desigualdad estructural.

En este contexto, la NOM-035-STPS-2018 emerge como una herramienta metodológica capaz de valorar condiciones psicosociales en poblaciones más allá del ámbito empresarial, siempre que se adapte a las dinámicas específicas de la educación superior. Su estructura permite identificar factores como cargas excesivas, controles deficientes, falta de reconocimiento o ambientes organizacionales adversos, elementos que también están presentes en la vida universitaria (Roblero, 2020; Reyes-González et al., 2022). Al utilizarla como dispositivo analítico, es posible mapear con mayor precisión el impacto del trabajo y la rigidez académica sobre la experiencia estudiantil.

De esta manera, el presente capítulo analiza la carga psicosocial en estudiantes del Tecnológico Nacional de México, campus Agua Prieta, que combinan trabajo remunerado con formación académica. Se parte de la premisa de que el riesgo psicosocial constituye un fenómeno estructural, profundamente ligado a las transformaciones económicas y educativas contemporáneas. El estudio pretende no solo caracterizar los niveles de riesgo, sino también interpretar sus implicaciones desde un enfoque crítico, articulando las dinámicas institucionales, laborales y personales que configuran la formación en contextos de precarización.

La importancia de esta investigación radica en su capacidad para visibilizar, con evidencia situada, las tensiones que atraviesan los estudiantes-trabajadores, proponiendo líneas de acción institucional que respondan a una visión mayormente humanista, flexible y corresponsable de la educación superior. Al hacerlo, se reconoce que el bienestar estudiantil no es un lujo, sino una condición indispensable para la sostenibilidad educativa, equidad social y desarrollo con dignidad en territorios vulnerables.

2. METODOLOGÍA

Este estudio se inscribe en el paradigma crítico, el cual busca no solo interpretar los fenómenos sociales, sino también transformarlos a partir de la comprensión de sus raíces estructurales (Horkheimer, 1972; Jessop, 2002). Bajo esta mirada, se asume que la carga psicosocial que enfrentan los estudiantes-trabajadores del TecNM campus Agua Prieta no es una consecuencia fortuita de la organización individual del tiempo, sino el resultado de condiciones institucionales, laborales y educativas que reproducen formas estructurales de precarización juvenil.

La investigación adoptó un diseño mixto de corte cuantitativo descriptivo con interpretación crítica de tipo cualitativo, acorde al paradigma crítico, para el análisis de los niveles de riesgo, dada la naturaleza del instrumento utilizado. El diseño fue de estudio de caso con alcance diagnóstico y propositivo, centrado en una cohorte específica: estudiantes activos del TecNM que combinan trabajo y estudio en condiciones de empleo remunerado vigente.

La población accesible estuvo constituida por estudiantes activos del TecNM-IT Agua Prieta con empleo remunerado vigente al momento de la encuesta. La muestra fue de tipo no probabilística por conveniencia y tipo censo: se invitó a todos los estudiantes elegibles y se analizaron los 60 cuestionarios completos recibidos, lo cual permitió una cobertura práctica amplia dentro del marco institucional. El sesgo de no respuesta fue minimizado mediante estrategias de convocatoria multicanal y horarios flexibles. No obstante, se reconoce que los resultados no son generalizables más allá de la cohorte estudiada, aunque permiten una lectura crítica de las condiciones estructurales que afectan a este grupo (Ozuna, 2022; Castellanos Simons et al., 2024).

El instrumento de recolección fue un cuestionario adaptado de la NOM-035-STPS-2018, específicamente diseñado para valorar la carga psicosocial en trabajadores. En la figura 1 se muestra parte del instrumento utilizado. La versión aplicada en este estudio incorporó 53 variables, que incluyen datos sociodemográficos, académicos, laborales y aspectos psicosociales vinculados a factores como carga de trabajo, control, reconocimiento, ritmo y condiciones del entorno laboral. Esta herramienta fue validada en términos de pertinencia mediante revisión de expertos y prueba piloto en estudiantes con características similares.

La aplicación del cuestionario se realizó de forma presencial y en línea durante el periodo julio – agosto de 2025, en espacios habilitados por la institución para garantizar privacidad. Se utilizaron invitaciones multicanal (correo institucional, carteles y redes internas) y se programaron sesiones en distintos horarios para facilitar la participación de estudiantes con diferentes jornadas laborales. El tiempo promedio de respuesta fue de 15 minutos.

Figura 1. Fragmento del cuestionario adaptado de la NOM-035-STPS-2018 aplicado a estudiantes-trabajadores del TecNM campus Agua Prieta.

Sección I. Datos sociodemográficos y académicos

Instrucciones parte 1: A continuación, se le presentan una serie de preguntas diseñadas para la obtención de la información sociodemográfica necesaria en el estudio de riesgos psicosociales.

Sección I. Datos sociodemográficos y académicos	
1. Puesto de trabajo (especificar área o departamento):	
1. Edad:	
2. Sexo:	
3. Carrera que cursa:	
4. Semestre actual:	
5. ¿Actualmente tiene empleo remunerado?	
6. Tipo de empleo: (formal-informal)	
7. ¿Cuántas horas trabaja en promedio por semana?	
8. Tipo de jornada: (diurna-nocturna-mixta-por turnos)	
9. Sector laboral en el que trabaja:	
10. ¿Su trabajo está relacionado con su carrera?	

Sección II. Factores de riesgo generales

Instrucciones parte 2: Responda las siguientes preguntas considerando las condiciones de su centro de trabajo, la cantidad de trabajo y el ritmo que debe mantener. Seleccione la opción que mejor refleje su situación:

Para responder las preguntas siguientes considere las condiciones de su centro de trabajo, así como la cantidad y ritmo de trabajo.

		Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
1	Mi trabajo me exige hacer mucho esfuerzo físico					
2	Me preocupa sufrir un accidente en mi trabajo					
3	Considero que las actividades que realizo son peligrosas					
4	Por la cantidad de trabajo que tengo debo quedarme tiempo adicional a mi turno					
5	Por la cantidad de trabajo que tengo debo trabajar sin parar					
6	Considero que es necesario mantener un ritmo de trabajo acelerado					
7	Mi trabajo exige que esté muy concentrado					
8	Mi trabajo requiere que memorice mucha información					
9	Mi trabajo exige que atienda varios asuntos al mismo tiempo					

El procesamiento cuantitativo consistió en análisis descriptivos de frecuencias, porcentajes y promedios para cada categoría de riesgo, así como la clasificación de los niveles según los criterios normativos establecidos por la NOM-035. Posteriormente, se realizó una interpretación crítica articulada con la teoría,

explorando cómo las condiciones laborales y académicas interactúan para configurar escenarios de riesgo estructural en estudiantes-trabajadores (Fraser, 2003; Panaia, 2022). Esta doble lectura, normativa y crítica, permitió comprender no solo la magnitud del riesgo, sino su sentido sociotécnico dentro del contexto regional.

En términos éticos, se aplicó un consentimiento informado anónimo que detalló los objetivos académicos del estudio, la confidencialidad de los datos, el carácter voluntario de la participación y el derecho a abandonar la encuesta en cualquier momento. El levantamiento fue autorizado por la institución educativa y cumplió con los principios éticos establecidos para investigaciones sociales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El perfil demográfico de la muestra revela ya una primera señal estructural. Se encuestaron 60 estudiantes-trabajadores del TecNM campus Agua Prieta, con edades entre 18 y 54 años y predominio femenino. Este dato contrasta con el imaginario del “estudiante típico” y evidencia que las trayectorias formativas en regiones periféricas son más prolongadas, heterogéneas y feminizadas. La literatura sobre precarización juvenil coincide en que la combinación de estudio y empleo remunerado se intensifica precisamente en contextos de baja protección social y alta informalidad (Ozuna, 2022; Lorey, 2012), condiciones que definen la frontera norte. Desde la teoría crítica, esta diversidad no es anecdótica sino expresión de desigualdad intergeneracional y territorial: quienes deberían beneficiarse de un sistema educativo público terminan sosteniéndolo con su propio tiempo y salud (Fraser, 2003; Panaia, 2022).

En este marco, los indicadores psicosociales adquieren un significado distinto. El 48.3 % de la muestra se ubicó en niveles de intervención prioritaria (\geq Alto) y el 81.7 % en niveles que demandan atención programada (\geq Medio). No se trata sólo de “riesgos” individuales: es la huella cuantificable de una política implícita que externaliza sobre los estudiantes los costos de la conciliación trabajo-escuela.

Estos niveles no son arbitrarios: se derivan de los valores de referencia establecidos en el cuestionario oficial de la NOM-035, que evalúa factores como carga de trabajo, control, reconocimiento, ritmo y condiciones del entorno laboral. En el presente estudio, estos mismos cortes se aplicaron a la versión adaptada para estudiantes-trabajadores, de modo que los porcentajes obtenidos reflejan directamente los umbrales normativos de la STPS.

En acuerdo a la norma NOM-035-STPS-2018, cada nivel de riesgo psicosocial tiene implicaciones concretas. En la tabla 1 se resume los niveles de riesgo psicosocial establecidos por la NOM-035-STPS-2018, el porcentaje correspondiente en la muestra de estudiantes-trabajadores del TecNM campus Agua Prieta, y las recomendaciones normativas asociadas a cada nivel.

Tabla 1. Distribución de niveles de riesgo psicosocial según la NOM-035 en la muestra

Nivel NOM-035	Porcentaje en la muestra	Recomendación normativa
Bajo	18.3 %	No requiere acciones adicionales, salvo vigilancia periódica.
Medio	33.3 %	Implementar medidas preventivas y reforzar factores protectores.
Alto	33.3 %	Intervenir de manera específica para analizar y mitigar factores detectados, con acciones correctivas y seguimiento.
Muy alto	15.0 %	Intervención inmediata y profunda; revisión de procesos y condiciones, así como programas integrales de prevención y apoyo.

Nota. La clasificación se realizó conforme a los criterios establecidos por la NOM-035-STPS-2018.

Estudios previos en otros contextos han mostrado que cuando las instituciones no ofrecen apoyos específicos, los efectos se acumulan en forma de estrés crónico, fatiga y bajo rendimiento (Creed et al., 2023; Castellanos Simons et al., 2024). La investigación enmarca datos que confirman esa tendencia en una cohorte periférica y muestran que casi la mitad del estudiantado está en un rango que la propia norma considera de intervención prioritaria.

La distribución por semestre refuerza esta lectura. El pico de exposición en 7.º semestre (\geq Alto = 75 %) seguido de un descenso en 9.º (\geq Alto = 31 %) no responde a un proceso madurativo lineal sino a tramos curriculares críticos (proyectos integradores, prácticas) que se superponen con cargas laborales crecientes. La hipótesis de que el semestre actúa como contexto modulador más que como causa lineal se alinea con el modelo Demandas-Recursos (Demerouti et al., 2001; Karasek, 1979): cuando las demandas académicas y laborales se intensifican sin recursos compensatorios, la tensión se dispara; cuando aparecen más recursos (experiencia, redes, flexibilidad en etapas finales) el sistema amortigua. Este patrón sugiere que las políticas institucionales deberían calendarizar apoyos y flexibilizaciones precisamente en esos tramos de máxima demanda, en lugar de ofrecer medidas homogéneas para todo el trayecto.

El hallazgo más consistente es el gradiente según horas trabajadas. La proporción de estudiantes en \geq Alto pasó de 30.8 % en \leq 30 h/sem a 80.0 % en \geq 50 h/sem. La literatura internacional sitúa en \geq 55 h/sem un umbral de riesgo clínico (Pega et al., 2021); los resultados encontrados en la investigación, aunque psicosociales, convergen en la misma dirección y permiten fijar dos puntos de decisión: \geq 40 h como umbral de vigilancia y \geq 50 h como umbral operativo de intervención prioritaria. Esta convergencia no es una verdad “última” sino un enunciado robustecido por triangulación —análisis continuo, ordinal y visual coherente con marcos teóricos consolidados— y es precisamente lo que justifica su uso en política pública crítica (Gramsci, 1971; Jessop, 2002).

Más allá de los números, las observaciones de campo muestran la ambivalencia del fenómeno. Los estudiantes-trabajadores exhiben en muchos casos mayor

autonomía, habilidades transversales y capacidad de articulación teoría-práctica, gracias a la experiencia laboral y a cierta independencia económica (Darolia, 2014; Neyt et al., 2017). Estos recursos actúan como amortiguadores de la carga, pero su efecto se satura al rebasar determinados umbrales temporales, momento en que la demanda domina. El fenómeno no resulta problemático por la inserción laboral en sí misma, sino por la sobrecarga de tiempo y recursos en contextos carentes de apoyo estructural. Esta ambivalencia entre costos y beneficios refuta la lectura meritocrática de la doble jornada y evidencia su carácter de campo de disputa política y normativa.

Desde esta lectura, los resultados no sólo describen un riesgo: fundamentan propuestas de acción para reducir la carga psicosocial y avanzar hacia un bienestar estructural verificable:

- Umbrales y alertas: institucionalizar la vigilancia desde ≥ 40 h e intervención prioritaria en ≥ 50 h con tutorías, ajustes de carga y apoyos en salud mental.
- Trabajo como recurso formativo: integrar la experiencia laboral al currículo mediante proyectos vinculados, reconocimiento de competencias y flexibilización académica para quienes acrediten cargas laborales elevadas.
- Intervenciones en tramos críticos: calendarizar apoyos específicos en semestres de alta demanda curricular (como el 7.º), con micro ajustes de plazos y becas diferenciadas.
- Protección social y corresponsabilidad: articular convenios TecNM-IMSS-empresas para cobertura de salud mental y riesgos laborales, avanzando hacia una política pública intersectorial coherente con los postulados de bienestar y sostenibilidad.

Estas recomendaciones expresan un enfoque crítico que vincula diagnóstico y acción. Al comprender la NOM-035 no sólo como un estándar de cumplimiento, sino como un instrumento decisonal sustentado en evidencia situada, el capítulo fundamenta nuevas políticas públicas orientadas al bienestar juvenil, la sostenibilidad y la justicia social. De este modo, las cifras dejan de ser un inventario de riesgos para transformarse en un insumo para reconfigurar las condiciones que los producen.

4. CONCLUSIONES

El análisis realizado permite comprender que la carga psicosocial que enfrentan los estudiantes-trabajadores del TecNM campus Agua Prieta es más que un conjunto de síntomas individuales: constituye una expresión visible de dinámicas estructurales que operan simultáneamente en los ámbitos laboral, académico y familiar. Los niveles elevados de riesgo identificados, particularmente en dimensiones como carga de trabajo, ritmo acelerado, reconocimiento insuficiente y falta de control, muestran que la doble jornada académica – laboral no es una

actividad circunstancial, sino un escenario cotidiano que deteriora el bienestar, impacta la concentración, reduce la energía disponible y condiciona la permanencia escolar.

Los resultados revelan que estas tensiones no se explican solo por el número de horas laboradas, sino por la combinación de factores como horarios inflexibles, incertidumbre laboral, cargas académicas rígidas y ausencia de apoyos institucionales. De este modo, el fenómeno adquiere un carácter sociotécnico: el estudiante-trabajador no enfrenta únicamente demandas personales, sino una red de condiciones que interactúan y amplifican el riesgo psicosocial. Este hallazgo confirma que la vida universitaria, especialmente en territorios periféricos o de intensa movilidad económica, se ve atravesada por desigualdades estructurales que colocan al joven en una posición de vulnerabilidad crónica.

Al mismo tiempo, la investigación demuestra que la adaptación de la NOM-035 puede operar como una herramienta diagnóstica eficaz en contextos educativos cuando se integra con una lectura crítica de la realidad. Esta adecuación permitió identificar matices que frecuentemente pasan desapercibidos: diferencias entre semestres, variaciones según las jornadas laborales, tensiones entre responsabilidades académicas, familiares y económicas, y la manera en que estas capas se superponen hasta configurar escenarios de riesgo sostenido. El empleo del instrumento en población estudiantil abre un camino metodológico innovador para evaluar situaciones de riesgo psicosocial en instituciones de educación superior.

La principal aportación del estudio radica precisamente en esta integración metodológica y teórica. Al articular un instrumento normativo con un enfoque crítico, se logró generar evidencia situada que permite comprender cómo interactúan las condiciones laborales y académicas en la producción del riesgo psicosocial. Esto no solo expande el campo de aplicación de la NOM-035, sino que propone un modelo replicable para instituciones que buscan diagnosticar y atender el bienestar estudiantil con rigor y pertinencia contextual.

A partir de estos hallazgos, se vuelve imprescindible que las instituciones de educación superior adopten estrategias que reconozcan la complejidad de la doble jornada: flexibilización de cargas académicas, acompañamiento psicopedagógico, programas de conciliación estudio-trabajo, mecanismos de reconocimiento y políticas intersectoriales que articulen universidad, sector productivo y servicios de salud mental. El bienestar estudiantil no debe ser tratado como un complemento, sino como una condición indispensable para la sostenibilidad de la formación profesional, la equidad social y el desarrollo con dignidad en territorios con dinámicas de precarización estructural.

En síntesis, este estudio confirma que la doble jornada de los estudiantes-trabajadores no es solo un reto individual, sino un espejo de las tensiones económicas, sociales e institucionales que atraviesan a la educación superior.

5. REFERENCIAS

- Banawi, A., Rumasoreng, M. I., Hasanah, N., Rahawarin, D. A., & Basta, I. (2024). The relationship between problem-solving skills and student academic achievement: A meta-analysis in education. *Journal of Ecohumanism*, 3. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i3.3413>
- Barría, V., Martínez, R., & Robledo, H. (2022). Estilos de aprendizaje y metacognición en la práctica profesional. *Praxis & Saber*, 13(35). <https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n35.2022.14460>
- Candelo-Viáfara, J. M. (2020). La educación y la distribución del tiempo laboral como variables para la selección de personal y la eficiencia organizacional. *Revista EAN*, 88, 49–62.
- Castellanos Simons, D., Hindrichs, I., & Quezada Díaz, B. (2024). Factores psicosociales emergentes y percepciones de sobrecarga laboral. *Frontiers in Psychology*.
- Castro-Contreras, L. (2019). Efectos en el rendimiento académico de los estudiantes que estudian y trabajan. Universidad de San Martín de Porres.
- Castro-Méndez, N. P., & Cretton, X. A. S. (2024). La resiliencia en estudiantes universitarios no tradicionales. *Revista Colombiana de Educación*, 91.
- Cervantes Molina, X. P., Osorio Sánchez, A. V., Franco Cedeño, F. J., & Murillo Campuzano, G. del P. (2019). Desempeño laboral y rendimiento académico. *Conrado*, 15(69), 161–165.
- Creed, P. A., Hood, M., Bialocerkowski, A., Machin, M. A., Brough, P., Kim, S., Winterbotham, S., & Eastgate, L. (2023). Students managing work and study role boundaries. *Frontiers in Psychology*, 14.
- De Domingo Soler, C., Jácome, M. N., Rodríguez Proaño, M. A., & Muñoz Pumagualle, M. G. (2020). Juventud, academia y empleo. *Podium*, 37, 129–146.
- Delgado, M. G., Barco, B. L. del, & Moncayo, M. R. (2022). Buenas prácticas del estudiante universitario. *Educación XX1*, 25(1).
- Douglas, D., & Attewell, P. (2019). The hidden costs of working while enrolled in college. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 41(3), 258–272.
- Eastgate, L., Hood, M., Creed, P. A., & Bialocerkowski, A. (2022). Managing work and study with an eye on the future. *International Journal of Educational Research Open*, 3.
- Ho, C. K., Wong, M., & Kwan, T. (2022). Working students in higher education. *Journal of College Student Development*, 63(5).
- Horkheimer, M. (1972). *Teoría crítica*. Amorrortu.
- Jackson, D. (2024). Balancing part-time work and higher education. *Higher Education Research & Development*, 43(2).
- Jessop, B. (2002). *The future of the capitalist state*. Polity Press.

- Lorey, I. (2012). Estado de inseguridad: Gobernar la precariedad. Traficantes de sueños.
- Marx, K. (1845/2009). Tesis sobre Feuerbach. Akal.
- Ngo, H. (2024). Competency expectations in higher education. *Journal of Educational Change*, 25(1).
- Nussbaum, M. (2011). *Creating capabilities*. Harvard University Press.
- Ozuna, L. I. (2022). Universitarios trabajadores y rendimiento académico. *Ciencia Latina*, 6(1).
- Palomares Cantero, J. M. (2023). Balance familia, trabajo y estudios universitarios.
- Panaia, M. (2022). Los jóvenes entre la universidad y el trabajo. *Espacios en blanco*, 32(2).
- Pega, F., et al. (2021). Global burdens of ischemic heart disease. *Environment International*, 154.
- Reyes-González, G., Romero, L., & Zazueta, M. (2022). Estrés académico y condiciones socioeconómicas. *Revista Educación y Desarrollo*, 62.
- STPS. (2018). NOM-035-STPS-2018. Diario Oficial de la Federación.
- Siegrist, J. (1996). Adverse health effects of high-effort/low-reward conditions. *Journal of Occupational Health Psychology*, 1(1), 27–41.
- Fraser, N. (2003). Escalas de justicia. Herder.
- Gramsci, A. (1971). *Selections from the Prison Notebooks*. International Publishers.
- Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., & Schaufeli, W. B. (2001). The Job Demands-Resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology*, 86(3), 499–512.
- Karasek, R. (1979). Job demands, job decision latitude, and mental strain. *Administrative Science Quarterly*, 24(2), 285–308.
- Darolia, R. (2014). Working while in college. *Education Finance and Policy*, 9(4), 438–465.
- Neyt, B., Omeij, E., Verhaest, D., & Baert, S. (2017). Does student work really affect academic performance? *Journal of Economic Surveys*, 33(3), 896–921.

EL ACCESO A INVERSIONES INMOBILIARIAS A TRAVÉS DE LA TOKENIZACIÓN

Luis Fernando González Ortega

Tecnológico Nacional de México/ I.T. Durango

25040242@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0002-2693-9000>

José Luis Rodríguez Álvarez

Tecnológico Nacional de México/ I.T.S de la Región de los Llanos

luis.ra@regionllanos.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3155-4877>

Iván González Lazalde

Tecnológico Nacional de México/ I.T. Durango

igonzaalez@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6728-4381>

Mayela del Rayo Lechuga Nevárez

Tecnológico Nacional de México/ I.T. Durango

mlechuga@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3221-0742>

María Quetzalcihuatl Galván Ismael

Tecnológico Nacional de México/ I.T. Durango

qgalvan@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3117-5121>

RESUMEN

Este capítulo analiza el acceso a inversiones inmobiliarias mediante la tokenización en un contexto donde el mercado tradicional presenta barreras de entrada, baja liquidez y limitada transparencia. La evidencia reciente muestra que la tokenización basada en tecnología blockchain permite fraccionar la propiedad, automatizar procesos y reducir intermediarios, abriendo oportunidades para pequeños inversionistas históricamente excluidos del sector.

En México, y particularmente en Durango, estas limitaciones se reflejan en que más del 50 % de los hogares carece de acceso a financiamiento para vivienda (INEGI, 2020), lo que restringe la participación en activos inmobiliarios. En este sentido, la tokenización se vincula con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y con el Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030, al favorecer mecanismos accesibles y orientados a la inclusión financiera.

El marco teórico integra los conceptos de acceso, inversión y mercado inmobiliario, así como el papel de *blockchain* en la creación de modelos digitales de representación fraccionada de activos. La metodología se desarrolla mediante un enfoque cualitativo con apoyo cuantitativo, sustentado en revisión documental, análisis de contenido, estudio de casos y contraste entre modelos tradicionales y tokenizados. Se esperan identificar barreras estructurales, analizar el potencial del blockchain para ampliar la participación de inversionistas minoristas y analizar riesgos vinculados a regulación, brecha tecnológica y educación financiera. El capítulo concluye que la tokenización inmobiliaria podría constituir una vía emergente para mejorar el acceso a inversiones, incrementar la transparencia del mercado y contribuir a un desarrollo económico más equitativo, orientado al bienestar y al humanismo.

Palabras clave: acceso a inversiones, *blockchain*, inclusión financiera y tokenización inmobiliaria.

ABSTRACT

This chapter analyzes access to real estate investments through tokenization in a context where the traditional market presents high entry barriers, low liquidity, and limited transparency. Recent evidence shows that blockchain-based tokenization enables property fractionalization, process automation, and reduced intermediation, opening opportunities for small investors who have historically been excluded from the sector.

In Mexico, and particularly in Durango, these limitations are reflected in the fact that more than 50% of households lack access to housing credit (INEGI, 2020), restricting participation in real estate assets. In this sense, tokenization aligns with the Sustainable Development Goals and the National Development Plan 2025–2030 by promoting accessible mechanisms oriented toward financial inclusion.

The theoretical framework integrates the concepts of access, investment, and the real estate market, as well as the role of blockchain in the creation of digital models for fractional asset representation. The methodology adopts a qualitative approach supported by quantitative elements, based on documentary review, content analysis, case studies, and comparison between traditional and tokenized investment models. The study is expected to identify structural barriers, analyze the potential of blockchain to expand participation among small investors, and assess risks related to regulation, technological gaps, and financial education.

The chapter concludes that real estate tokenization may constitute an emerging pathway to improve access to investments, enhance market transparency, and contribute to more equitable economic development grounded in well-being and humanistic principles.

Keywords: access to investments, blockchain, financial inclusion and real estate tokenization.

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se examinan los principales antecedentes que han impulsado la evolución de las inversiones inmobiliarias hacia la tokenización, entendida como el proceso mediante el cual los activos de bienes raíces se representan digitalmente a través de tecnología *blockchain*. Diversos estudios coinciden en que esta innovación está transformando la forma de acceder y participar en el mercado inmobiliario, al permitir la fraccionabilidad de los activos, la automatización de procesos y la reducción de intermediarios, lo que favorece la participación de pequeños inversionistas tradicionalmente excluidos.

Tian *et al.* (2021) destacan que la tokenización facilita nuevos mecanismos de financiamiento, especialmente en economías emergentes donde las barreras de entrada y la falta de liquidez limitan la participación. Su análisis documental y de casos demuestra que dividir la propiedad y distribuirla mediante tokens amplía el acceso, aunque la regulación continúa siendo un desafío central.

De manera complementaria, Useche-Rojas (2024) analiza experiencias latinoamericanas y plataformas internacionales como Propy Inc., subrayando que la digitalización inmobiliaria genera mayor liquidez, eficiencia transaccional y seguridad; no obstante, advierte que las brechas tecnológicas y la incertidumbre jurídica limitan su expansión en mercados en desarrollo.

Por su parte, Peris-Navarro (2024), destaca el potencial del *blockchain* para simplificar la infraestructura transaccional y mejorar la accesibilidad para pequeños inversionistas. Su análisis destaca que la adopción plena de estos modelos requiere avanzar en educación financiera y claridad regulatoria, aspectos que se repiten como constantes en la literatura reciente.

Asimismo, desde la perspectiva de la gobernanza tecnológica, Mahajan (2024) enfatiza que los sistemas de tokenización requieren marcos regulatorios sólidos que garanticen seguridad, trazabilidad y confianza. En seguimiento a ello, InsightAce Analytic (2024) proyecta una expansión acelerada del mercado al estimar que la tokenización inmobiliaria alcanzó 2.81 mil millones de dólares en 2023 y podría crecer a una tasa anual compuesta del 19.9 % hasta 2031, impulsada por la demanda de mecanismos de inversión más accesibles y transparentes.

En un plano complementario, Mottaghi *et al.* (2024) desarrollan un análisis amplio sobre el estado y la proyección de la tokenización inmobiliaria en su estudio, que combina revisión sistemática, análisis sectorial y entrevistas especializadas, evidencia que la digitalización fraccionada de activos ha favorecido la liquidez y la incorporación de nuevos inversionistas. Sin embargo, advierte que esta mayor movilidad puede intensificar episodios de volatilidad si no se sustenta en infraestructura tecnológica adecuada.

En el mismo tenor, en Deloitte (2025a) se revisan casos de fondos inmobiliarios tokenizados en América, Europa y Asia, utilizando entrevistas a gestores y análisis competitivo. Este informe demuestra que la tokenización permite crear vehículos de

inversión más flexibles, líquidos y accesibles para pequeños inversionistas, facilitando además la diversificación y la reducción de costos transaccionales. Sin embargo, enfatiza la importancia de fortalecer la regulación y la supervisión para evitar riesgos sistémicos a medida que crece la adopción de estos nuevos instrumentos.

Por su parte, Nishith Desai Associates (2025) examina distintos marcos jurídicos internacionales y subraya la necesidad de plataformas con mecanismos sólidos de cumplimiento normativo, a fin de consolidar la confianza de inversionistas institucionales y minoristas. De manera convergente, Soupel *et al.* (2025) documentan, mediante proyecciones y casos aplicados, que la tokenización ha permitido movilizar capital en proyectos inmobiliarios de diversas regiones, aunque enfatizan que la ausencia de regulación específica y la complejidad legal continúan condicionando su expansión global.

A partir de lo expuesto, esta investigación establece como objetivo general analizar el potencial de la tokenización de activos inmobiliarios en Durango como un mecanismo para ampliar el acceso a la inversión y fortalecer la inclusión financiera. La relevancia del estudio se inscribe en el eje temático “Desarrollo con bienestar y humanismo”, dado que la digitalización y fraccionamiento de activos mediante tecnología *blockchain* no solo reduce barreras de entrada para pequeños inversionistas, sino que también incrementa la transparencia y eficiencia de las transacciones, favoreciendo un desarrollo económico más equitativo y sostenible. Del mismo modo, la investigación se articula con diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 (Naciones Unidas, 2018), entre ellos el ODS 1, al ampliar oportunidades para sectores históricamente excluidos; el ODS 5, al promover una participación financiera más equitativa; el ODS 8, al impulsar un crecimiento económico basado en innovación; el ODS 9, mediante la adopción de tecnologías disruptivas; y el ODS 10, al reducir brechas de acceso al capital mediante modelos descentralizados de inversión.

En correspondencia con ello, el estudio también contribuye a los objetivos estratégicos del Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030 (Gobierno de México, 2025a), particularmente en lo relativo al desarrollo económico inclusivo, la disminución de desigualdades y el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica. Este marco destaca la necesidad de una gobernanza responsable y de educación digital que garantice que los beneficios de la tokenización se distribuyan de manera efectiva entre distintos sectores de la población.

2. FUNDAMENTOS

Para adentrarnos al tema de estudio, es indispensable partir del concepto de acceso, entendido como la posibilidad de acercarse, utilizar o beneficiarse de un recurso o derecho, y que implica superar barreras que limitan su disponibilidad (Real Academia Española, 2025). Desde una perspectiva teórica, Sen (1999) sostiene

que el acceso constituye un componente esencial del bienestar y del desarrollo humano, pues amplía las oportunidades y la capacidad de elección de las personas. En el ámbito de las políticas públicas, mejorar el acceso a bienes y servicios ha sido una estrategia clave para disminuir desigualdades sociales (Molina, 2021).

En el caso del mercado económico, y particularmente del sector inmobiliario, el acceso se ha visto históricamente restringido por altos requerimientos de capital, procesos complejos y limitaciones legales que favorecieron la participación de inversionistas con mayor poder adquisitivo (Waliczek, 2025). Esta situación excluyó a pequeños ahorradores y familias comunes de activos tradicionalmente asociados a la acumulación patrimonial.

Ahora bien, el término inversión hace referencia al acto de destinar recursos, generalmente financieros, con el propósito de obtener un beneficio futuro que puede expresarse en forma de rentabilidad, plusvalía o generación de ingresos periódicos. Desde la perspectiva económica, invertir supone diferir un consumo presente para lograr un rendimiento esperado en el tiempo, bajo un determinado nivel de riesgo (Bodie et. al, 2024).

Por su parte, lo inmobiliario comprende aquellos bienes vinculados de manera permanente al suelo, como terrenos y edificaciones, cuyo valor depende tanto de sus características físicas como del contexto económico y regulatorio (Código Civil Federal, Art. 750). La combinación de ambos conceptos da lugar a las inversiones inmobiliarias, prácticas reconocidas como pilares de creación de riqueza y diversificación patrimonial, aunque tradicionalmente asociadas a barreras de entrada significativas (Baum, 2021).

En años recientes, las tecnologías digitales han transformado de manera sustantiva los mercados financieros. Herramientas como el *blockchain* permiten registrar transacciones de forma descentralizada, garantizando trazabilidad y reduciendo la dependencia de intermediarios (Tapscott y Tapscott, 2018).

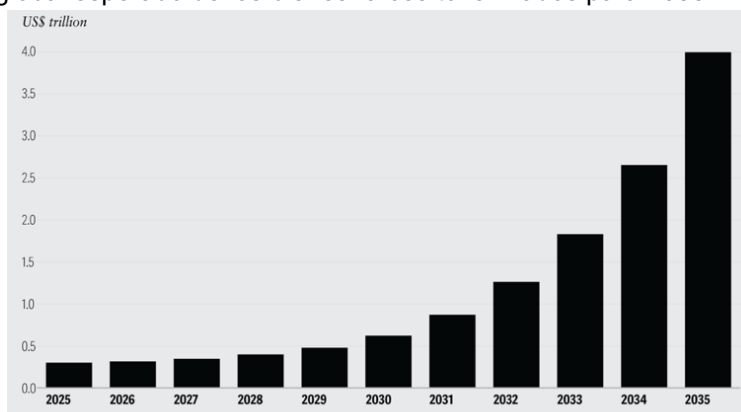
Dentro de este ecosistema surge la tokenización, entendida como la representación digital de activos físicos mediante tokens que dividen la propiedad en fracciones accesibles (Kreppmeier et al., 2023). Esta estructura favorece la entrada de pequeños inversionistas y aumenta la liquidez de un sector históricamente rígido, dado que los tokens pueden intercambiarse en mercados secundarios con mayor agilidad (Swinkels, 2023).

En suma, el acceso a inversiones inmobiliarias a través de la tokenización puede definirse como la posibilidad de participar en el mercado de bienes raíces mediante la representación digital de un activo inmobiliario en forma de *tokens* registrados en una *blockchain*. Este mecanismo permite fraccionar la propiedad de inmuebles en unidades más pequeñas y asequibles, lo que reduce las barreras financieras, jurídicas y tecnológicas que históricamente han limitado la participación de pequeños inversionistas.

En el contexto internacional, el acceso minorista a instrumentos de inversión continúa siendo un desafío estructural. Aunque la titularidad de cuentas y el uso de servicios financieros digitales aumentaron en la última década, la participación de los hogares en mercados de capital permanece limitada en diversas regiones. El Global Findex reporta que el 76 % de los adultos posee una cuenta financiera, pero persisten brechas significativas vinculadas a ingreso, educación y género, lo que dificulta que la bancarización se traduzca en inversión formal (Banco Mundial, 2021). Este panorama evidencia la necesidad de mecanismos más inclusivos que permitan convertir el ahorro en activos productivos.

En este escenario, la tokenización de activos del mundo real ha adquirido relevancia internacional. El Foro Económico Mundial (2025) estima que entre 4 mil millones y 20 mil millones de dólares en bienes reales, incluyendo activos inmobiliarios, ya se encuentran representados digitalmente en *blockchain*. Aunque esta cifra representa una fracción menor del total global, señala un espacio considerable para su expansión. Adicionalmente, Deloitte (2025b) pronostica que los bienes raíces tokenizados podrían alcanzar 4 billones de dólares para 2035, siempre que se consoliden tecnologías, regulaciones claras y demanda institucional creciente.

Figura 13. Valor global esperado de los bienes raíces tokenizados para 2035.



Fuente: Deloitte, 2025b.

En el ámbito nacional, el sector inmobiliario se posiciona como uno de los pilares económicos de México. De acuerdo con la Secretaría de Economía, los servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles aportaron 2.94 billones de pesos al PIB en el cuarto trimestre de 2024, con un crecimiento anual de 5.18 % (Gobierno de México, 2025b). Sin embargo, el acceso a este tipo de inversiones continúa limitado: más del 50 % de los hogares carece de crédito para vivienda, lo que restringe su capacidad para participar en activos inmobiliarios (INEGI, 2020). Esta situación refleja las barreras financieras y estructurales del modelo tradicional. En respuesta, han surgido alternativas que buscan ampliar las oportunidades de participación, como los Fideicomisos de Inversión en Bienes Raíces (FIBRAs) y plataformas digitales de inversión fraccionada. En particular, modelos basados en *blockchain*, como los impulsados por la tokenización, representan una vía

emergente para disminuir los costos de entrada, aumentar la liquidez y promover esquemas más accesibles para pequeños inversionistas, complementando los mecanismos existentes como 100 Ladrillos, Monific, Briq y la plataforma de tokenización Reental.

3. METODOLOGÍA

La elección de un enfoque cualitativo con apoyo cuantitativo responde a la naturaleza emergente del fenómeno analizado, ya que la tokenización inmobiliaria en México es aún incipiente y carece de un corpus consolidado de estudios empíricos, por lo que resulta pertinente emplear un diseño exploratorio-descriptivo que permita comprender significados, dinámicas y barreras de acceso, al mismo tiempo que se apoye en datos estadísticos y reportes técnicos para dimensionar la magnitud del sector.

Tal como señalan Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el enfoque cualitativo resulta idóneo para indagar fenómenos poco estudiados, mientras que la incorporación de información cuantitativa refuerza la solidez del análisis. De esta manera, el estudio articula fuentes documentales, casos prácticos y estadísticas oficiales para construir un panorama integral que contribuya tanto al ámbito académico como a la toma de decisiones en materia de innovación financiera y políticas públicas. Véase la tabla 1, para ilustrar el resumen de la propuesta metodológica.

Tabla 2. Tabla resumen de la propuesta metodológica. Fuente: creación propia.

Fase	Actividades	Técnicas	Fuentes
Revisión documental	Sistematizar literatura académica y técnica sobre tokenización, <i>blockchain</i> e inversión inmobiliaria.	Análisis de contenido	Scopus, Redalyc, Scielo, WEF, Deloitte, Banco Mundial
Análisis de casos	Examinar plataformas nacionales e internacionales de inversión inmobiliaria digital.	Estudio de casos	100 Ladrillos, Monific, Briq, Reental, Propy Inc.
Método comparativo	Contrastar modelo tradicional de inversión inmobiliaria con modelos tokenizados.	Análisis comparativo	Modelos de mercado en México y experiencias internacionales
Contextualización	Incorporar datos oficiales sobre el sector inmobiliario y acceso financiero en México y Durango.	Revisión estadística y documental	INEGI, Secretaría de Economía, CONDUSEF

La elección metodológica responde también a la necesidad de articular el análisis académico con la dimensión social del eje de desarrollo con bienestar y humanismo, pues estudiar cómo los mecanismos digitales transforman el acceso a la inversión permite generar conocimiento aplicable a políticas públicas centradas en la dignidad y equidad de las personas.

En suma, se espera que la metodología planteada permita abordar el tema desde un enfoque integral, combinando la exploración teórica con la observación de experiencias prácticas y el análisis del contexto nacional. Este diseño busca no solo describir las características del mercado inmobiliario tradicional y los modelos tokenizados, sino también identificar sus puntos de encuentro, tensiones y oportunidades.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los hallazgos previstos en este estudio permiten anticipar una caracterización más clara del mercado inmobiliario tradicional en México, identificando las barreras que históricamente han limitado la participación de pequeños inversionistas. Entre ellas destacan el elevado capital inicial requerido, la escasa liquidez de los activos y la complejidad legal que envuelve los procesos de adquisición y gestión.

Estos elementos no solo restringen el acceso, sino que también perpetúan dinámicas de concentración patrimonial en grupos con mayor capacidad financiera. Analizar estas barreras resulta fundamental para comprender por qué amplios sectores permanecen excluidos del mercado inmobiliario y cómo la tokenización podría ofrecer soluciones indirectas a estos problemas estructurales.

Por otra parte, el contraste entre el modelo tradicional y los mecanismos digitales emergentes, incluidos los basados en *blockchain*, permite evidenciar un cambio de paradigma en la forma de acceder a activos inmobiliarios. La tokenización, al fraccionar la propiedad y automatizar transacciones mediante contratos inteligentes, introduce un esquema más flexible y potencialmente más accesible para inversionistas minoristas. Este modelo también ofrece procesos más transparentes y eficientes, lo cual podría contribuir a reducir costos y tiempos operativos. Sin embargo, estos beneficios deben analizarse críticamente, ya que su efectividad depende de condiciones externas como el avance regulatorio, la robustez tecnológica y la confianza de los usuarios en los nuevos instrumentos.

En cuanto a los riesgos identificados, la incertidumbre regulatoria se perfila como uno de los mayores desafíos. La falta de lineamientos específicos sobre derechos, obligaciones y protección del inversionista genera un entorno en el que, si bien la innovación avanza, persisten dudas sobre la seguridad jurídica.

Asimismo, la brecha tecnológica y los niveles de educación financiera siguen siendo factores determinantes para la adopción de estos mecanismos. Estos elementos no solo influyen en la disposición de los usuarios a participar, sino que también condicionan las posibilidades reales de inclusión financiera, objetivo central del estudio.

Finalmente, la contextualización nacional y regional permite comprender cómo estas tendencias globales podrían manifestarse en México y particularmente en Durango. La presencia de plataformas de inversión fraccionada y modelos iniciales de tokenización sugiere que existen condiciones para explorar alternativas más

accesibles. No obstante, su impacto dependerá de la capacidad institucional y social para integrar estas herramientas de forma segura, regulada y comprensible para los sectores que hoy permanecen excluidos de las inversiones inmobiliarias.

5. REFERENCIAS

- Banco Mundial. (2021). *Global Findex Database: Account ownership and use of accounts*. <https://www.worldbank.org/en/publication/globalfindex>
- Baum, A. (2021). *Tokenization: The future of real estate investment? The Journal of Portfolio Management*, 47(10), 41–61. <https://doi.org/10.3905/jpm.2021.1.260>
- Bodie, Z., Kane, A., y Marcus, A. J. (2024). *Investments (12th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (1928/2024). Código Civil Federal. Diario Oficial de la Federación. Artículo 750. Recuperado de <https://mexico.justia.com/federales/codigos/codigo-civil-federal/>
- Deloitte. (2025a). *Breaking down barriers with new building blocks*. Performance Magazine. Deloitte. Recuperado de <https://goo.su/jUgl0>
- Deloitte. (2025b). *Digital dividends: How tokenized real estate could revolutionize asset management*. <https://goo.su/TbLE>
- Foro Económico Mundial. (2025). *Asset tokenization in financial markets: The next generation of value exchange*. Recuperado de <https://goo.su/4ZCkU2>
- Gasca Zamora, J., y Castro Martínez, E. de J. (2021). Financiarización inmobiliaria en México: una mirada desde los Fideicomisos de Inversión en Bienes Raíces (FIBRAs). *Revista INVI*, 36(103), 112–136. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582021000300112>
- Gobierno de México. (2025a). *Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030*.
- Gobierno de México. (2025b). *Servicios inmobiliarios: producto interno bruto y unidades económicas (4T 2024)*. Secretaría de Economía. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/industry/real-estate>
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
- InsightAce Analytic. (2024, 23 de septiembre). *Real Estate Tokenization Market Share & Size Report, 2024-2031*. Recuperado de <https://goo.su/E35PI>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Encuesta Nacional de Vivienda (ENVI) 2020: principales resultados*. INEGI. <https://goo.su/5fpiMo>
- Kreppmeier, J., Laschinger, R., Steininger, B. I., y Dorfleitner, G. (2023). *Real estate security token offerings and the secondary market: Driven by crypto hype or fundamentals? Journal of Banking & Finance*, 154, 106940. <https://doi.org/10.1016/J.JBANKFIN.2023.106940>

- Mahajan, N. (2024). *Strategic Governance of Digital Tokenization for Scalable B2B Payment Infrastructure*. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 2024(1), 2468–4376. <https://www.jisem-journal.com/>
- Molina, C. (2021). La inclusión social, un compromiso a largo plazo. Banco Mundial. Recuperado de <https://goo.su/m3h0sU>
- Mottaghi, F. (Nazanin), Steininger, B. I., y Yanagawa, N. (2024). *Real Estate Insights: The Current State and the New Future of Tokenization in Real Estate*. <https://papers.ssrn.com/abstract=5161623>
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. <https://goo.su/Noea56>
- Nishith Desai Associates. (2025). *Real Estate Tokenisation: Legal, Tax and Regulatory Considerations*. www.nishithdesai.com
- Peris Navarro, A. (2024). *Blockchain aplicado al sector inmobiliario*. <https://goo.su/WezLij9>
- Real Academia Española. (2025). Acceso. En *Diccionario de la lengua española* (23.ª ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/acceso>
- Sen, A. (1999). *Development as Freedom*. Oxford University Press.
- Soupel, V., Zayats, M., y Dubovik, S. (2025). *Tokenization to Redefine Investing in Real Estate, But Regulators May Curb Market Growth*. <https://www.scnsoft.com/finance/tokenization-to-redefine-investing-in-real-estate>
- Swinkels, L. (2023). *Empirical evidence on the ownership and liquidity of real estate tokens*. *Financial Innovation*, 9(1), 1–29. DOI: [10.1186/s40854-022-00427-5](https://doi.org/10.1186/s40854-022-00427-5)
- Tapscott, D. y Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money*. <https://goo.su/LLLazS>
- Tian, Y., Adriaens, P., Minchin, R. E., Chang, C., Lu, Z., y Qi, C. (2021). *Asset Tokenization: A blockchain Solution to Financing Infrastructure in Emerging Markets and Developing Economies*. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3837703>
- Useche-Rojas, J. C. (2024). Análisis de la implementación de la tecnología blockchain en la industria de bienes raíces: Perspectivas y desafíos para el sector fintech. <https://goo.su/IKAvA>
- Waliczek, S. (2025). ¿Cómo transformará la tokenización de activos el futuro de las finanzas?. Foro Económico Mundial. <https://goo.su/Q7avV>

SOSTENIBILIDAD EN MIPYMES BAJO EL MODELO TRIPLE BOTTOM LINE: EVIDENCIA EMPÍRICA EN DURANGO

Roberto Rojero Jiménez

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

<https://orcid.org/0000-0001-5964-2006>

Rosalía Cardona García

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

<https://orcid.org/0009-0001-9996-5499>

Maricela Mojica Vargas

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

<https://orcid.org/0009-0004-2422-716X>

Liz Margarita Quintero Robles

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango

rrodejo@itdurango.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0009-7636-6803>

RESUMEN

Este estudio analiza la sostenibilidad en MiPyMEs de la ciudad de Durango mediante el modelo Triple Bottom Line (TBL) de Elkington (1997). Con un diseño no experimental, transversal y ex post facto, se aplicó un cuestionario Likert (tres subescalas: People, Planet, Profit e índice global) a una muestra ampliada de 400 empresas. El plan analítico incluyó estadística descriptiva, pruebas de confiabilidad, ANOVA de un factor y regresión lineal múltiple. Los resultados muestran diferencias significativas entre grupos sociodemográficos en las tres dimensiones del TBL ($p < .001$), siendo People la dimensión con mayor contraste, seguida de Planet y Profit. En promedio, Profit y People se sitúan ligeramente por encima de Planet, evidenciando rezagos ambientales transversales. En los modelos explicativos, el giro de la empresa emerge como el predictor más influyente del desempeño TBL, mientras que la edad del encuestado presenta un efecto negativo pequeño; tamaño, años de operación, tenencia laboral, género y escolaridad no resultan determinantes. Los hallazgos confirman la utilidad del TBL para caracterizar y explicar la sostenibilidad en MiPyMEs y sugieren una hoja de ruta gradual: estandarizar prácticas sociales y acelerar iniciativas ambientales de bajo costo e indicadores simples, especialmente en sectores de servicios y comercio.

Palabras clave: sostenibilidad; MiPyMEs; Triple Bottom Line.

ABSTRACT

This study analyzes sustainability in micro, small, and medium-sized enterprises (MSMEs) in the city of Durango using Elkington's (1997) Triple Bottom Line (TBL) model. Employing a non-experimental, cross-sectional, ex post facto design, a Likert-scale questionnaire (three subscales—People, Planet, Profit—and a global index) was administered to an expanded sample of 400 firms. The analytical plan included descriptive statistics, reliability tests, one-way ANOVA, and multiple linear regression. Results show significant differences across sociodemographic groups in all three TBL dimensions ($p < .001$), with People exhibiting the largest contrast, followed by Planet and Profit. On average, Profit and People score slightly higher than Planet, revealing cross-cutting environmental lags. In the explanatory models, the firm's sector emerges as the most influential predictor of TBL performance, while the respondent's age shows a small negative effect; firm size, years in operation, job tenure, gender, and education are not determinant. Overall, the findings confirm the usefulness of the TBL to characterize and explain sustainability in MSMEs and suggest a gradual roadmap: standardize social practices and accelerate low-cost environmental initiatives with simple indicators, especially in service and commerce sectors.

Keywords: sustainability; MSMEs; Triple Bottom Line.

INTRODUCCIÓN

Las MiPyMEs son la base del tejido productivo y una fuente clave de empleo e innovación; internacionalmente se les reconoce como motores de crecimiento incluso en crisis (Steinerowska-Streb et al., 2022). En México, representan 99.8 % de las unidades económicas, generan 67.9 % del empleo y aportan 45.3 % de la producción bruta (Angeles et al., 2022), lo que vuelve estratégica su transición hacia modelos sostenibles.

Su inserción en cadenas de suministro implica impactos ambientales relevantes; adoptar principios de economía circular y gestión sostenible contribuye a reducir huella y mejorar desempeño (Rodríguez-Espíndola et al., 2022). En el ámbito manufacturero, la ecoinnovación y la producción más limpia fortalecen capacidades internas y mejoran la gestión (Barragán-Hernández & Aguilar-Fernández, 2024). Además, integrar sostenibilidad al modelo de negocio genera ventajas competitivas y resultados superiores (Hermundsdottir & Aspelund, 2021).

También destaca la relación entre sostenibilidad y reporte corporativo: compromisos sustantivos impulsan divulgaciones de mayor calidad y alineación con expectativas sociales y ambientales (Benvenuto et al., 2023; Dewi et al., 2023; Meutia et al., 2022). Asimismo, la sostenibilidad y la resiliencia organizacional se refuerzan mutuamente, permitiendo sostener resultados en el tiempo (Amanova, 2025).

Siguiendo el enfoque TBL de Elkington (1997), se plantea que la adopción estratégica de prácticas económicas, sociales y ambientales es condición para la

competitividad y legitimidad de las MiPyMEs. Con ello, el objetivo general de esta investigación es analizar y explicar la sostenibilidad en las MiPyMEs de Durango y su relación con variables sociodemográficas bajo el modelo TBL.

REVISIÓN DE LITERATURA

El concepto contemporáneo de sostenibilidad se consolidó con el Informe Brundtland, que definió el desarrollo sostenible como “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987). Esta noción evolucionó hacia un marco holístico que orienta a empresas, compradores y reguladores a minimizar impactos sobre recursos y ecosistemas con una perspectiva intergeneracional. En el ámbito organizacional, se relaciona con la capacidad de operar en el largo plazo equilibrando dimensiones ambientales, sociales y económicas, pese a la ausencia de una definición única.

El enfoque del triple resultado (TBL: People, Planet, Profit) ofreció una traducción empresarial influyente y se volvió la conceptualización dominante por su alineación con la responsabilidad social corporativa y los ODS, desplazando el análisis desde el desempeño aislado hacia una escala planetaria (Elkington, 1997/2018; Peterson et al., 2025). Con el tiempo, se precisó que “sostenibilidad” funciona como concepto paraguas que integra las tres dimensiones, mientras que “desarrollo sostenible” remite a la agenda de desarrollo humano, insistiendo en definiciones operativas que reduzcan ambigüedad (Amanova, 2025).

Paralelamente surgieron críticas a los marcos de medición y reporte por su énfasis ambiental y su rigidez. Estudios recientes muestran que estándares como GRI o ISO 14001 privilegian criterios ambientales y aplican ponderaciones uniformes que no reflejan la relevancia real de los impactos, por lo que se propone una evaluación dinámica y contextualizada (Beitelmal, 2025). Más recientemente, la discusión se ha desplazado del cumplimiento hacia cambios de sistema, incorporando economía circular, ecosistemas de servicio y market shaping, con llamados a teorías que articulen niveles micro–meso–macro para explicar mercados sostenibles y las transformaciones requeridas por los ODS (Peterson et al., 2025).

Es posible decir que la literatura vincula la sostenibilidad con resiliencia organizacional y flexibilidad estratégica, señalando una relación bidireccional: las prácticas de sostenibilidad fortalecen la resiliencia y esta, a su vez, sostiene y amplifica los resultados sostenibles en el tiempo (Amanova, 2025).

El modelo TBL de Elkington

El Triple Bottom Line (TBL) de John Elkington propone que el desempeño empresarial debe evaluarse de forma integrada en tres dominios: económico (profit), social (people) y ambiental (planet); con ello desplaza el foco del resultado financiero único hacia una lógica de valor múltiple y de largo plazo (Elkington, 1997).

El TBL ganó tracción porque ofrece un marco holístico alineado con la Responsabilidad Social Corporativa y la agenda de los ODS, y porque buscó “mover” al capitalismo hacia la sostenibilidad (Elkington, 2018; Haugh y Talwar, 2010, cit. en Peterson, 2025).

Dimensión People (Personas)

La dimensión social del TBL aborda los impactos sobre personas y comunidades: empleo digno, salud y seguridad, inclusión, formación y participación comunitaria. En sectores intensivos en capital humano, se vincula con bienestar, responsabilidad social y engagement (Carrera, 2022; Chatterjee, 2023; Götze, 2024). La evidencia reciente muestra que suele estar menos desarrollada que la ambiental, por lo que se requieren enfoques más sólidos de stakeholder engagement para cerrar brechas entre discurso y práctica (Valentinov, 2023).

Dimensión Planet (Planeta)

Esta dimensión comprende conservación, eficiencia en recursos y protección de ecosistemas, integrando responsabilidad hacia futuras generaciones (Salman et al., 2021; Sun & Nasrullah, 2024). Perspectivas actuales destacan que el planeta debe asumirse como stakeholder con agencia propia para evitar su relegación estratégica (Usubiaga-Liaño et al., 2024), fortaleciendo decisiones alineadas con límites biofísicos y una visión de sostenibilidad fuerte.

Dimensión Profit (Prosperidad)

La dimensión económica del TBL se orienta a la viabilidad financiera y la creación de valor sostenible mediante productividad, rentabilidad, empleo y cadenas de valor resilientes. Se interpreta de forma interdependiente con lo social y ambiental, evaluando el desempeño económico por su aporte conjunto al TBL (Nogueira et al., 2024). Además, la prosperidad organizacional exige integrar innovación, gestión del riesgo y valor responsable (Damtoft et al., 2025, cit. en Rahman et al., 2025), lo que se refleja en marcos corporativos que promueven métricas alineadas con sostenibilidad.

La integración del TBL en modelos de negocio y cadenas de suministro ha avanzado al vincular sus dimensiones con la estrategia y el rendimiento organizacional (Liute y De Giacomo, 2022, cit. en Almeida et al., 2024). No obstante, su medición requiere métricas contextualizadas y ponderaciones diferenciadas para priorizar impactos según su severidad e irreversibilidad (Beitelmal, 2025). Aunque el TBL sigue siendo ampliamente adoptado, su aplicación demanda enfoques más integrados que eviten tratar las dimensiones como ámbitos separados.

Estas críticas han impulsado actualizaciones: Elkington (2018) propuso “repensar” el TBL; y la literatura distingue fases como Business Sustainability 2.0/3.0, que amplían el foco desde la empresa hacia el cambio sistémico. Asimismo, se exploran marcos alternativos complementarios para reorientar las métricas hacia el bienestar humano y ecológico. En esta investigación, se adoptó el TBL actualizado como andamiaje teórico y operativo para MiPyMEs, articulando indicadores People-

Planet-Profit (Personas-Planeta-Prosperidad) y mecanismos de gestión/medición, acordes al contexto de las MiPyMEs.

METODOLOGÍA

Este estudio es no experimental, transversal (información recolectada en un solo momento), ex post facto y de alcance correlacional/relacional (Hernández et al., 2017), al analizar la asociación entre variables sociodemográficas y el desempeño de sostenibilidad de las MiPyMEs bajo el modelo Triple Bottom Line (TBL) de Elkington (1997).

La medición del TBL se realizó mediante un cuestionario Likert de cinco puntos que operacionaliza sus tres dimensiones: People (prácticas laborales, desarrollo, ética y comunidad), Planet (iniciativas ambientales, eficiencia y gestión de residuos) y Profit (cumplimiento normativo y solidez operativa). Con 14 ítems se generaron tres subescalas y un índice TBL global. El instrumento se aplicó en abril de 2025 y se planificaron correlaciones entre cada dimensión/índice y variables como edad, género, antigüedad, tamaño, sector y nivel educativo.

El estudio se centró en MiPyMEs de Durango, México. Con el marco muestral de INEGI (2020) de 88,535 unidades económicas se calculó una muestra de 385 empresas (95% de confianza, 5% de error), pero fue ampliada a 400 para asegurar potencia y compensar no respuesta. El muestreo fue aleatorio por conglomerados, proporcional a la distribución local de MiPyMEs. La Tabla 1 muestra la composición final.

Tabla 1. Distribución por conglomerados de la muestra.

	Industrial		Comercial		Servicios		Total	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Micro	34	8.57%	159	39.74%	180	44.94%	373	93.25%
Pequeña	2	0.52%	6	1.56%	16	3.90%	24	5.97%
Mediana	0	0.00%	1	0.26%	2	0.52%	3	0.78%
Total	36	9.09%	166	41.56%	198	49.35%	400	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

La consistencia interna de las subescalas People, Planet y Profit, así como del índice global TBL, se evaluó mediante alfa de Cronbach, siguiendo la práctica habitual en estudios de sostenibilidad. Se estableció como nivel mínimo aceptable $\alpha \geq .70$ y como deseable $\alpha \geq .80$, en línea con trabajos recientes que emplean este coeficiente para valorar la confiabilidad de constructos de desempeño sostenible y que reconocen rangos donde 0.61–0.80 es fiable y 0.81–1.00 altamente fiable.

Tabla 2. Alfa de Cronbach de la variable sostenibilidad.

	Alfa de cronbach	
	Índice Alfa	N de elementos
Sostenibilidad	0.831	14

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Tabla 2, el instrumento de sostenibilidad basado en el TBL presentó alta consistencia interna, con un índice global de 0.831 y coeficientes alfa de Cronbach superiores al umbral aceptable $\alpha \geq 0.700$ para investigación social aplicada (Ibrahim et al., 2020). Verificada la confiabilidad, se evaluó la validez inferencial mediante ANOVA de un factor para comparar las medias de las tres dimensiones del modelo (People–Planet–Profit). Este procedimiento resulta adecuado para contrastar tres o más grupos independientes y exige supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia (Emerson, 2022). En consecuencia, antes del análisis se comprobaron dichos supuestos y, al cumplirse, se estimaron los modelos por dimensión y para el índice global; los resultados se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis de la varianza de la variable Sostenibilidad.

ANOVA		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Prosperidad/Profit	Entre grupos	207.453	135	1.537	7.931	0.000
	Dentro de grupos	51.152	264	0.194		
	Total	258.605	399			
Planeta/planet	Entre grupos	219.488	135	1.626	8.539	0.000
	Dentro de grupos	50.266	264	0.190		
	Total	269.754	399			
Personas/People	Entre grupos	254.212	135	1.883	10.167	0.000
	Dentro de grupos	48.898	264	0.185		
	Total	303.110	399			

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla de ANOVA (N = 400), las dimensiones Prosperidad/Profit, Planeta/Planet y Personas/People presentan valores de significancia $p < .001$ (SPSS reporta 0.000), por lo que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Esto indica diferencias estadísticamente significativas en las puntuaciones de sostenibilidad entre los grupos comparados en cada dimensión del TBL.

El contraste de Prosperidad/Profit muestra el efecto más notable, mientras que Planeta/Planet y Personas/People también registran diferencias significativas, aunque de menor intensidad relativa. Estos resultados no “validan” por sí mismos el instrumento, pero complementan la evidencia de fiabilidad y validez previa (véase Tabla 2), al mostrar variaciones de medias coherentes con el modelo de Elkington (1997).

Tras verificar los supuestos del ANOVA (normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia) estas diferencias permiten avanzar hacia análisis más detallados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 4 presenta, para cada dimensión y para el índice global, los estadísticos de tendencia central y dispersión: media, desviación estándar y frecuencia. Dado que las respuestas se midieron en escala Likert de 5 puntos (1 = menor nivel de sostenibilidad; 5 = mayor nivel), estos indicadores ofrecen una visión general de las tendencias y la variabilidad en las prácticas de sostenibilidad de las MiPyMEs analizadas (N = 400).

Tabla 4. Estadística descriptiva de la variable sostenibilidad.

Dimensiones de la Sostenibilidad	Frecuencia	Media	Desviación estándar
Prosperidad/Profit	174(43.5%)	3.4856	0.8050
Planeta/Planet	126(31.5%)	3.4040	0.8222
Personas/People	100(25.0%)	3.4850	0.8715
Modelo TBL	400(100%)	3.4582	0.6920

Fuente: Elaboración propia.

En las 400 MiPyMEs evaluadas, el perfil TBL se concentra en Profit/Prosperidad (43.5%; M = 3.4856; SD = 0.8050), seguido de Planet/Planeta (31.5%; M = 3.4040; SD = 0.8222) y People/Personas (25.0%; M = 3.4850; SD = 0.8715). El índice TBL global alcanza M = 3.4582 (SD = 0.6920). Este patrón refleja la tendencia habitual de las MiPyMEs: prioridad relativa en resultados económicos y sociales por encima de los ambientales, lo cual coincide con evidencia donde las empresas pequeñas avanzan primero en prácticas orientadas al desempeño y al cliente, relegando inversiones ambientales más costosas (Cantele y Zardini, 2018; Rodríguez-Espíndola et al., 2022; Kabbera et al., 2024).

La mayor dispersión en People/Personas (SD = 0.8715) indica una implementación social más heterogénea, como reportan estudios que asocian esta variabilidad con capacidades, estrategia y redes. Profit presenta menor variabilidad y Planet permanece por debajo de la media, coherente con brechas de recursos, tecnología y presión regulatoria en empresas pequeñas (Khizar et al., 2024; Ayaz y Tatoglu, 2024).

En conjunto, estos resultados refuerzan la utilidad del TBL como marco integrador y permiten comparar perfiles de sostenibilidad en MiPyMEs con la evidencia internacional, que muestra tendencias similares con variaciones según sector, país y madurez organizacional (Elkington, 1997; Cantele y Zardini, 2018; Rodríguez-Espíndola et al., 2022; Khizar et al., 2024; Ayaz y Tatoglu, 2024; Kabbera et al., 2024).

El modelo TBL por dimensión (Profit, Planet, Person)

Para cumplir el objetivo general bajo el modelo TBL de Elkington (1997), se estimaron regresiones lineales múltiples para cuantificar el efecto de variables sociodemográficas sobre el desempeño de sostenibilidad de las MiPyMEs. Las dimensiones Prosperidad/Profit, Planeta/Planet, Personas/People y el índice TBL

global se utilizaron como dependientes, mientras que edad, género, antigüedad, tamaño y sector operaron como predictores.

Previo a la estimación, se verificaron los supuestos de la regresión OLS (linealidad, independencia, homocedasticidad y normalidad de residuos) y la ausencia de multicolinealidad mediante VIF, conforme a las guías metodológicas de Field (2018) y Hair, Hult, Ringle y Sarstedt (2022). Se reportan coeficientes estandarizados (β), R^2 ajustado, intervalos de confianza al 95% y prueba F, siguiendo las recomendaciones de análisis y reporte en ciencias sociales (Field, 2018; Hair et al., 2022). Este procedimiento complementa el ANOVA al explicar el desempeño TBL a partir de predictores sociodemográficos (Hair et al., 2022). Véase Tabla 5.

Tabla 5. Regresión lineal para el modelo TBL

<i>Regresión lineal</i>	<i>MODELO TBL</i>	
	<i>Beta</i>	<i>Sig.</i>
Giro de su empresa	-0.487	0.000
Tamaño de la empresa	0.009	0.840
¿Cuántos años tiene operando la empresa?	0.033	0.528
¿Cuánto tiempo lleva laborando en dicha empresa?	-0.056	0.330
¿Cuál es su edad?	-0.138	0.014
Genero	0.065	0.143
Escolaridad	-0.052	0.249

Fuente: Elaboración propia con información de SPSS 26.0.

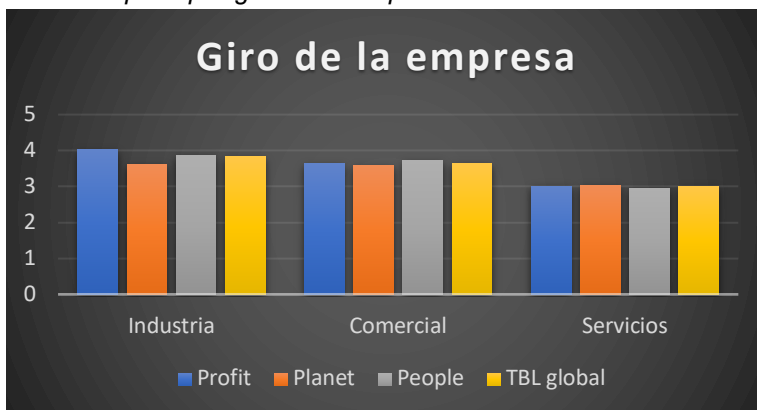
Bajo el modelo TBL, la regresión lineal múltiple ($N = 400$) muestra que el giro de la empresa es el predictor más influyente y con efecto negativo sobre el desempeño sostenible ($\beta = -0.487$; $p < .001$). Esto confirma que las MiPyMEs difieren significativamente según su sector, en línea con estudios que documentan heterogeneidad sectorial en prácticas y resultados de sostenibilidad (Cantele y Zardini, 2018; Rodríguez-Espíndola et al., 2022; Khizar et al., 2024).

En contraste, tamaño, años operando, antigüedad laboral, género y escolaridad no resultan significativos, un patrón coherente con literatura donde estos factores no siempre explican variaciones en sostenibilidad cuando se controlan condiciones estratégicas y de entorno (Cantele y Zardini, 2018; Rodríguez-Espíndola et al., 2022).

Destaca un efecto negativo y pequeño de la edad del informante ($\beta = -0.138$; $p = .014$), consistente con evidencia que vincula características del decisor con diferencias en orientación a la sostenibilidad (Ayaz y Tatoglu, 2024; Khizar et al., 2024). Estos hallazgos refuerzan que el contexto sectorial y ciertos rasgos del decisor influyen en el desempeño People–Planet–Profit, reportados conforme a buenas prácticas de interpretación de β y significancia en modelos OLS (Field, 2018; Hair et al., 2022).

Con base en ello, los resultados se presentan segmentando el análisis descriptivo por giro (Figura 1) y edad (Figura 2), las variables con efectos estadísticamente significativos.

Figura 1. Estadística descriptiva por giro de la empresa en relación al modelo TBL.

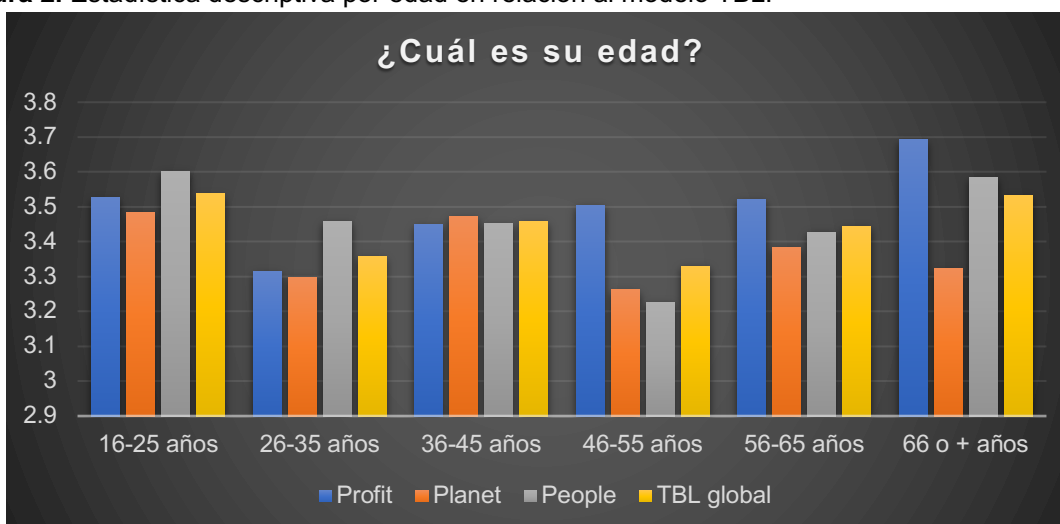


Fuente: Elaboración propia.

La tabla por giro confirma el resultado de la regresión ($\beta_{\text{giro}} = -0.487$; $p < .001$): al transitar de industria \rightarrow comercio \rightarrow servicios, el desempeño TBL disminuye casi de manera monótona. El índice global es mayor en industria (3.8409), luego comercio (3.657) y menor en servicios (3.0142), patrón que se replica en Profit (4.0352 \rightarrow 3.643 \rightarrow 3.0229), Planet (3.6219 \rightarrow 3.5887 \rightarrow 3.0535) y People (3.8656 \rightarrow 3.7392 \rightarrow 2.9662).

En términos prácticos, las MiPyMEs industriales muestran prácticas más consolidadas, las comerciales ocupan una posición intermedia y las de servicios presentan las brechas más amplias, sobre todo en People. Esta diferenciación sectorial coincide con la evidencia que reporta variaciones en adopción y madurez de sostenibilidad según capacidades y contexto (Cantele y Zardini, 2018; Rodríguez-Espíndola et al., 2022; Khizar et al., 2024; Ayaz y Tatoglu, 2024).

Figura 2. Estadística descriptiva por edad en relación al modelo TBL.



Fuente: Elaboración propia.

En línea con la regresión ($\beta_{\text{edad}} = -0.138$; $p = .014$), la Figura 2 muestra que el desempeño TBL disminuye con la edad en los tramos intermedios y repunta en el extremo mayor. El índice global es más alto en 16–25 (3.5375) y en 66+ (3.5333),

con su mínimo en 46–55 (3.3313). Por dimensión, Planet y People reproducen este patrón, mientras que Profit presenta la mayor variación, alcanzando su máximo en 66+ (3.6923) y su mínimo en 26–35 (3.3145).

En conjunto, los promedios etarios forman una curva en “U”: jóvenes y mayores muestran puntajes más altos, mientras que las cohortes intermedias (26–55) concentran los valores más bajos. Esto explica que, pese al efecto lineal negativo observado, los grupos extremos mantengan medias elevadas.

CONCLUSIONES

En conjunto, los resultados confirman la utilidad del TBL para caracterizar la sostenibilidad en MiPyMEs, mostrando puntajes mayores en Prosperidad/Profit y Personas/People que en Planeta/Planet, y diferencias significativas especialmente concentradas en el pilar social. Sectorialmente, el patrón industria > comercio > servicios evidencia brechas relevantes, sobre todo en People, mientras que el pilar ambiental mantiene el mayor rezago, en línea con estudios previos (Elkington, 1997; Cantele y Zardini, 2018; Rodríguez-Espíndola et al., 2022).

La regresión corrobora estos resultados: el giro es el predictor más influyente del desempeño TBL, y la edad del decisor presenta un efecto negativo modesto con un perfil en “U”. Tamaño, antigüedad, género y escolaridad no inciden significativamente, lo que coincide con la literatura que destaca el peso del contexto sectorial y de las capacidades organizacionales para activar resultados People–Planet–Profit, así como la tendencia de las MiPyMEs a priorizar dimensiones económica y social antes de ampliar esfuerzos ambientales (Khizar et al., 2024; Ayaz y Tatoglu, 2024; Kabbera et al., 2024).

Desde una perspectiva de desarrollo con bienestar y humanismo, estos hallazgos subrayan la importancia de fortalecer dimensiones centradas en las personas y en la vida cotidiana del trabajo. Para microempresas con capacidades limitadas, se propone una ruta gradual alineada al TBL: en Planet, prácticas básicas de ecoeficiencia que reduzcan impactos y alivien costos; en People, mecanismos mínimos de organización del trabajo, seguridad y aprendizaje continuo que dignifiquen la experiencia laboral; y en Profit, controles elementales que permitan decisiones responsables y sostenibles. Este enfoque incremental favorece rutinas más humanas, entornos laborales seguros y relaciones productivas basadas en confianza y corresponsabilidad, generando condiciones para integrar, más adelante, herramientas de reporte y colaboración con proveedores o programas públicos.

REFERENCIAS

- Almeida, S., Rodrigues, R., Sthapit, E., Seabra, C., Costa, C., y Sigala, M. (2025). Investigating hotel sustainability 'from the top': Insights from hotel marketing consortia managers and sustainability experts. *Tourism Recreation Research*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/02508281.2025.2533213>
- Amanova, M. (2025). Resilience and sustainability in organizations: A conceptual exploration. In *Proceedings of the 26th European Conference on Knowledge Management (Vol. 2, pp. 1176–1183)*. Academic Conferences International.
- Angeles, A., Pérez-Encinas, A., & Villanueva, C. E. (2022). Characterizing organizational lifecycle through strategic and structural flexibility: Insights from MSMEs in Mexico. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 23(2), 271–290. <https://doi.org/10.1007/s40171-022-00301-4>
- Ayaz, Ö., y Tatoglu, E. (2024). Unveiling the power of social value: Catalyzing circular economy in emerging market SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 453, 142245. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142245>
- Barragán-Hernández, A. D., & Aguilar-Fernández, M. (2024). Strategic dimensions of eco-innovation adoption in manufacturing SMEs in the context of Mexico City. *Systems*, 12(7), 246. <https://doi.org/10.3390/systems12070246>
- Beitelmal, A. M. H. (2025). Introducing a sustainability assessment index metric: A simplified sustainability assessment approach. *Discover Sustainability*, 6, 629. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01460-x>
- Benvenuto, M., Aufiero, C., & Viola, C. (2023). A systematic literature review on the determinants of sustainability reporting systems. *Heliyon*, 9(4), e14893. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14893>
- Boone, C. G., Bromaghim, E., y Kapuscinski, A. R. (2023). Sustainability careers. *Annual Review of Environment and Resources*, 48, 589–613. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-120920-105353>
- Cantele, S., y Zardini, A. (2018). Is sustainability a competitive advantage for small businesses? An empirical analysis of possible mediators in the sustainability–financial performance relationship. *Journal of Cleaner Production*, 182, 166–176. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.055>
- Carrera, L. (2022). Corporate social responsibility: A strategy for social and territorial sustainability. *International Journal of Corporate Social Responsibility*, 7, 7. <https://doi.org/10.1186/s40991-022-00074-0>
- Chatterjee, S. (2023). The social dimension of sustainable development. T20 India Task Force Brief.
- Damtoft, N. F., van Liempd, D., y Lueg, R. (2025). Sustainability performance measurement – a framework for context-specific applications. *Journal of Global Responsibility*, 16(1), 162–201. <https://doi.org/10.1108/JGR-05-2023-0082>

- Dewi, A. A., Saraswati, E., Rahman, A. F., & Atmini, S. (2023). Materiality, stakeholder engagement disclosure, and corporate governance: Critical elements for the quality of sustainability reporting. *Cogent Business & Management*, 10(1), 2175437. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2175437>
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone.
- Elkington, J. (2018, June 25). 25 years ago I coined the phrase “Triple Bottom Line.” Here’s why it’s time to rethink it. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it>
- Emerson, R. W. (2022). ANOVA assumptions. *Journal of Visual Impairment y Blindness*, 116(4), 585–586. <https://doi.org/10.1177/0145482X221124187>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics (5th ed.)*. SAGE.
- Götze, U. (2024). A stakeholder-related procedure model for social sustainability assessment. *Sustainability*, 16(23), 10396. <https://doi.org/10.3390/su162310396>
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., y Sarstedt, M. (2022). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) (3rd ed.)*. SAGE.
- Haugh, H. M., y Talwar, A. (2010). How do corporations embed sustainability across the organization? *Academy of Management Learning y Education*, 9(3), 384–396. <https://doi.org/10.5465/AMLE.2010.53791822>
- Haugh, H. M., y Talwar, A. (2010). How do corporations embed sustainability across the organization? *Academy of Management Learning y Education*, 9(3), 384–396. <https://doi.org/10.5465/AMLE.2010.53791822>
- Hermundsdottir, F., y Aspelund, A. (2021). Sustainability innovations and firm competitiveness: A review. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124715. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124715>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ª ed.)*. McGraw-Hill.
- Ibrahim, Y. M., Hami, N., y Abdulameer, S. S. (2020). Assessing sustainable manufacturing practices and sustainability performance among oil and gas industry in Iraq. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(4), 60–67. <https://doi.org/10.32479/ijeep.9228>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- Kabbera, S., Tibaingana, A., Kiwala, Y., y Mugarura, J. T. (2024). Triple bottom line practices and the growth of agro-processing SMEs in Uganda’s GKMA. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 8, 100081. <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2024.100081>

- Khizar, H. M. U., Iqbal, M. J., Murshed, F., y Ahsan, M. (2024). Sustainability outcomes in SMEs: A configurational view of the interplay of strategic orientations and environmental conditions. *Journal of Macromarketing*, 44(2), 534–552. <https://doi.org/10.1177/02761467231203311>
- Liute, A., y De Giacomo, M. R. (2022). The environmental performance of UK-based B Corp companies: An analysis based on the triple bottom line approach. *Business Strategy and the Environment*, 31(3), 810–827. <https://doi.org/10.1002/bse.2919>
- Meutia, I., Kartasari, S. F., & Yaacob, Z. (2022). Stakeholder or legitimacy theory? The rationale behind a company's materiality analysis: Evidence from Indonesia. *Sustainability*, 14(13), 7763. <https://doi.org/10.3390/su14137763>
- Nasution, R. M., y Adhariani, D. (2016). Simbolis atau substantif? Analisis praktik pelaporan CSR dan kualitas pengungkapan. *Jurnal Akuntansi dan Keuangan Indonesia*, 13(1), 23–51. <https://doi.org/10.21002/jaki.2016.02>
- Nogueira, E., Gomes, S., & Lopes, J. M. (2024). Financial sustainability: Exploring the influence of the triple bottom line economic dimension on firm performance. *Sustainability*, 16(15), 6458. <https://doi.org/10.3390/su16156458>
- Peterson, M., Tronvoll, B., y Fehrer, J. (2025). Theories of sustainability: Re-imagining a marketing-indigenous understanding of sustainability. *AMS Review*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s13162-025-00320-1>
- Rahman, M. (2025). A strategic framework for addressing sustainability threats at the asset level in manufacturing plants. *SN Operations Research Forum*, 6(3), 1–36. <https://doi.org/10.1007/s43069-025-00483-4>
- Rodríguez-Espíndola, O., Cuevas-Romo, A., Chowdhury, S., Díaz-Acevedo, N., Albores, P., Despoudi, S., Malesios, C., y Dey, P. (2022). The role of circular economy principles and sustainability-oriented innovation to enhance social, economic and environmental performance: Evidence from Mexican SMEs. *International Journal of Production Economics*, 248, 108495. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108495>
- Salman, A., Jaafar, M., Mohamad, D., y Malik, S. (2021). Ecotourism development in Penang Hill: A multi-stakeholder perspective towards achieving environmental sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 42945–42958. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13609-y>
- Steinerowska-Streb, I., Głód, G., y Steiner, A. (2022). What do we know about small and medium enterprises' survival in a post-global economic crisis context? *Local Economy*, 37(4), 259–278. <https://doi.org/10.1177/02690942221112042>

- Sun, J., y Nasrullah, A. (2024). Green transition in the hospitality industry: The influence of market forces and customer dynamics on sustainable performance in the digital era. *Heliyon*, 10(8), e29563. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29563>
- Usubiaga-Liaño, A., Fairbrass, A., & Ekins, P. (2024). Strong sustainability and the environmental dimension of the Sustainable Development Goals. *Global Sustainability*, 7, e52. <https://doi.org/10.1017/sus.2024.47>
- Valentinov, V. (2023). Sustainability and stakeholder theory: A processual perspective. *Journal of Business Ethics*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10551-023-06147-4>
- World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *Our common future*. Oxford University Press.

Bienestar, Sostenibilidad e Interculturalidad



ISBN: 978-607-5893-68-6



Sello editorial: Red Iberoamericana de
Academias de Investigación, A.C.
(978-607-5893)

Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.
No. de ejemplares: 2

Presentación en medio electrónico digital
Formato PDF 8 MB

Fecha de aparición 01/12/2025

ISBN 978-607-5893-68-6