

Aplicaciones de sostenibilidad

Educación, Innovación, Movilidad y Hábitat

Mario Guadalupe González Pérez
Irene Gómez Jiménez
José Antonio Rubio González
Fernando Flores Vilchez
Coordinadores



Aplicaciones de sostenibilidad

Educación, innovación, movilidad y hábitat



Aplicaciones de sostenibilidad

Educación, innovación, movilidad y hábitat

Mario Guadalupe González Pérez
Irene Gómez Jiménez
José Antonio Rubio González
Fernando Flores Vilchez
Coordinadores



Universidad Autónoma de Nayarit

Dra. Norma Liliana Galván Meza
Rectora

Mtra. Margarete Moeller Porraz
Secretaria General

Mtro. Hugo Fabio Pérez Ocampo
Director de Fomento Editorial y Artes Gráficas

APLICACIONES DE SOSTENTABILIDAD. EDUCACIÓN, INNOVACIÓN, MOVILIDAD Y HÁBITAT

Coordinadores:
Mario Guadalupe González Pérez
Irene Gómez Jiménez
José Antonio Rubio
Fernando Flores Vilchez

Cuidado a la edición: **Astra Ediciones**
Imagen de portada: Río Cheonggyecheon, Seúl, Corea del sur

Primera edición 2026

Derechos reservados conforme a la ley
©Universidad Autónoma de Nayarit
Ciudad de la Cultura SN, Col. Centro,
Tepic, Nayarit, CP. 63000. Dirección de Fomento Editorial y Artes Gráficas
Teléfono 311 2118800, ext. 8718/ 8838, www.uan.edu.mx

Astra ediciones. Avenida Acueducto 829, Colonia Santa Margarita, Zapopan,
Jalisco. C. P. 45140. Tel 3338348236 www.astraeditorialshop.com

Esta obra ha sido dictaminada favorablemente por pares académicos mediante un sistema doble ciego.

Las opiniones, argumentos y datos expresados en esta obra son de *exclusiva responsabilidad de sus autores* y no reflejan necesariamente el punto de vista ni la postura oficial de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN). La UAN actúa únicamente como entidad difusora del conocimiento generado por su comunidad académica.

ISBN Impreso UAN: **978-968-9774-00-6**

ISBN Electrónico UAN: **978-607-8863-97-6**

ISBN Impreso Astra Ediciones: **978-607-8964-42-0**

ISBN Electrónico Astra Ediciones: **978-607-8964-43-7**

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20259624>



Todos los contenidos de esta publicación, se comparten bajo la licencia Creative Commons Atribución/Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (**CC BY-NC-SA 4.0**). Esto implica que no está autorizado el uso comercial de la obra original ni de las eventuales obras derivadas, las cuales deberán distribuirse bajo la misma licencia que rige la obra original. No obstante, se permite a terceros compartir el contenido siempre y cuando se reconozca debidamente la autoría y la publicación original en esta editorial.

Comité Editorial

Dr. Yefer Asprilla Lara
Dr. José de Jesús Cabrera Chavarría
Dra. Sylvia Lorena Serafín González
Dr. Edgar Gustavo Rivas Inda
Dra. Julieta Carrasco García

Comité Científico

Dr. Jesús Águila León
Universidad de Guadalajara, México

Dra. Dulce Mónica García Sánchez
Centro Universitario Uteg, Guadalajara, México

Dra. Esmeralda Brito Cervantes
Universidad Autónoma de Guadalajara, México.

Dra. Yennifer Díaz Romero
Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

Dr. Gibrán Humberto Manjarrez Pérez
Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

Dr. Jorge Arturo Pineda Jaimes
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

Dr. José Andelfo Lizcano Caro
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

Dr. Cesar Augusto García Ubaque
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

Dr. Edgar Orlando Ladino Moreno
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

Contenido

Prólogo	11
<i>Irene Gómez Jiménez</i>	
Introducción	13
 Eje 1	
Educación, cultura de la sostenibilidad y gestión del riesgo y cambio climático	19
 Capítulo 1.1	
Diagnóstico sobre la percepción de la sustentabilidad en la comunidad universitaria: Propuesta de solución.....	21
<i>Martínez Larios Marcia Leticia</i>	
<i>Escatell Loera Maritza Romana</i>	
 Capítulo 1.2	
Evaluación de la conciencia sísmica mediante lógica difusa en estudiantes del Centro Universitario de Tlajomulco	45
<i>Mayoral Ruiz Pedro Alonso</i>	
<i>Jiménez Sánchez Daniel Isaac</i>	
 Capítulo 1.3	
Economía circular y sostenibilidad para la renovación e innovación de los PGIRS: Región de la sabana Norte. Municipios de (ASOCENTRO), Colombia	75
<i>Pinilla Moscoso Clara Inés</i>	
<i>Puertas Pinilla Diana Stephanie</i>	
 Eje 2	
Innovación tecnológica y gestión sostenible.....	113

Capítulo 2.1

Afectaciones ambientales de **berries** en Jalisco:

Preservación isocórica aplicada a zarzamoras 115

Angulo Sherman Abril Adriana

Serafín García Blanca Rocío

Monteros Curiel Espicio

Capítulo 2.2

Riesgos en la disposición final de la vinaza del Tequila:

Alternativas de sostenibilidad 137

Covarrubias del Toro Rafael

Estrada Vargas Arturo

García García Edith Xio Mara

González Pérez Mario Guadalupe

Eje 3

Movilidad urbana y hábitat 163

Capítulo 3.1

Emisiones de CO₂ del parque vehicular registrado en la

zona metropolitana Tepic-Xalisco 165

Marceleño Flores Susana

García Núñez Citlaly

Najera González Oyolsi

Fernando Flores Vilchez

Capítulo 3.2

Vulnerabilidad de la vivienda vernácula ante procesos de

globalización 177

Espinoza García Ángel Arturo

Mendoza Anguiano Ricardo

Torres Cisneros Pablo

Martínez García Víctor Manuel

Prólogo

En el siglo XXI, la sostenibilidad ha dejado de ser un concepto aspiracional para convertirse en una necesidad impostergable. Los desafíos ambientales, sociales y económicos que enfrentamos nos obligan a replantear nuestras formas de vida, de producción y de relación con el entorno. En este contexto, la educación, la innovación tecnológica, la movilidad urbana y el hábitat se presentan como pilares esenciales para construir un futuro más equitativo y resiliente.

El libro *Aplicaciones de sostenibilidad. Educación, innovación, movilidad y hábitat* reúne reflexiones, diagnósticos y propuestas que emergen desde distintas realidades locales y regionales, pero que dialogan con problemáticas globales. A través de sus páginas, el lector encontrará estudios que no solo analizan críticamente los retos, sino que también ofrecen soluciones creativas, viables y contextualizadas.

De manera atinada, la obra se estructura por ejes temáticos que facilitan la lectura. El Eje 1, por ejemplo, está centrado en la educación y la cultura de la sostenibilidad; aborda la manera en que la comunidad universitaria percibe y construye prácticas responsables frente al medio ambiente y los riesgos naturales. Estos capítulos resaltan el papel transformador de la educación en la formación de ciudadanos conscientes y comprometidos.

En el Eje 2 se profundiza en la innovación tecnológica como motor para la gestión sostenible. Desde la economía circular en Colombia hasta los retos de la urbanización irregular y los impactos de la agricultura intensiva en Jalisco, los textos aquí reunidos muestran cómo la ciencia y la tecnología pueden generar alternativas de desarrollo que no comprometan los recursos del mañana.

Finalmente, el Eje 3 analiza la movilidad urbana y el hábitat como escenarios donde convergen los desafíos de la sostenibilidad. La reducción de emisiones, la preservación de la vivienda vernácula y la evaluación de espacios públicos para la movilidad peatonal y ciclista son ejemplos de

cómo se pueden diseñar territorios más justos, habitables y respetuosos con el entorno.

Este libro es, en suma, un espacio de encuentro interdisciplinar y multicultural. Sus aportaciones buscan inspirar a estudiantes, investigadores, tomadores de decisiones y a toda persona interesada en sumar esfuerzos hacia un porvenir sostenible. La riqueza de perspectivas aquí compiladas nos recuerda que la sostenibilidad no es tarea de unos cuantos, sino un compromiso compartido que se construye día a día, desde lo local hasta lo global.

Con esta obra se fortalece el diálogo académico en torno a la sostenibilidad y se promueve una visión crítica y propositiva que, sin perder de vista lo local, proyecta sus alcances hacia lo global. Sin duda, constituye una valiosa aportación que refleja el esfuerzo y la vocación de investigación de quienes han contribuido en su elaboración.

Irene Gómez Jiménez

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20259631>



Introducción

¿Qué nos depara el futuro en materia agroalimentaria, hídrica, de habitabilidad, movilidad, educación, entre tantos procesos que tienen cabida en la ciudad-sistema? ¿Qué expectativas y retos tenemos como civilización, para que nuestras ciudades y territorios minimicen lo que González (2020) ha denominado como fuerzas entrópicas? Efectivamente, estas fuerzas entrópicas de origen antrópico vulneran la homeostasis de los subsistemas esenciales para la vida: agua, suelo, aire, flora y fauna, los cuales pasan de ser elementos vitales a recursos explotables, insertos en un modelo de producción y consumo desmesurado, irracional, irresponsable y a todas luces insostenible.

No obstante, aun cuando el escenario actual es adverso para ciertos subsistemas en una situación de irreversibilidad de estado, otros procesos, en cambio, pueden revertir o cuasirevertir la entropía. Aquí, la innovación se vuelve esa fuerza capaz de reducir los niveles de entropía. En este sentido, la revisión, diagnóstico y análisis conllevan el pronóstico y la prevención. En el tema de educación, por ejemplo, no es suficiente la generación de conocimiento técnico, sino que es necesaria la configuración de escenarios de formación integral para ir constituyendo una conciencia socioecológica. De tal suerte que el pensamiento crítico, la curiosidad por la indagación e innovación y las nuevas tecnologías se convierten en determinantes de nuevos escenarios. En resumen, la educación prosostenibilidad es pieza angular de las nuevas generaciones de jóvenes investigadores, resultado de posgrados comprometidos con el desarrollo regional.

Esta obra considera esa inquietud nata de jóvenes profesores y estudiantes de posgrados. Aquí participan colaboraciones que muestran resultados preliminares de proyectos de investigación de posgrados en Agua y Energía y posgrados de Geología, tanto en maestría como en doctorado de la Universidad de Guadalajara. Asimismo, participan investigadores

expertos en temas ambientales de la Universidad Autónoma de Nayarit y de instituciones académicas de otros contextos internacionales, pues el tema nos ocupa a todos. Es decir, el compromiso pasa de lo local, o regional, a un compromiso con el planeta. De ahí la insistencia por comprender la complejidad de los sistemas socioambientales, y de ahí la insistencia por la constitución de conductas responsables en la toma de decisiones sectoriales.

En función de lo anterior, la integración de temas multidisciplinarios como el cambio climático, la economía circular, la gestión del agua, la movilidad sostenible, entre otros, incluye tecnologías digitales y procesos de aprendizaje. En este sentido, la educación se convierte en esa fuerza negentrópica, capaz de proporcionar el orden conceptual y ético frente al desorden del consumismo de la política neoliberal caracterizada por la diferencia ambiental.

Junto a la educación, la innovación puede introducir soluciones creativas que transformen la práctica de los modelos disponibles. Es decir, que nos lleve de la linealidad a la circularidad de la economía, por ejemplo. Aquí el concepto resiliencia cobra fuerza, pues su implementación coadyuva con la negentropía de la termodinámica. Concretamente, el uso de energías renovables, los algoritmos evolutivos para optimizar redes hidráulicas, la aplicación de la inteligencia artificial en la gestión de residuos o la creación y sustitución de materiales de construcción biodegradables que favorezcan el confort térmico en la vivienda son prácticas que no solo buscan minimizar impactos negativos, sino regenerar ecosistemas y mejorar la calidad de vida de la población.

Ciertamente, en contextos como la movilidad urbana dependiente del automóvil privado, ha implicado congestión, contaminación atmosférica y auditiva, emisiones de gases de efecto invernadero y deterioro de la salud pública. La entropía urbana se hace visible en la pérdida de tiempo, productividad y bienestar social. Aquí, las aplicaciones de sostenibilidad buscan revertir esta tendencia, a través de sistemas de transporte público masivo, eficientes y electrificados, así como infraestructura para el uso de bicicleta y la actividad peatonal que lleva a otros efectos a la salud. De esta forma, intermodalidad y rediseño de calles representan alternativas negentrópicas que reorganizan el flujo urbano.

Asimismo, la digitalización, a través de aplicaciones de movilidad compartida y datos abiertos, permite planificar trayectos óptimos y reducir tiempos de traslado casa-trabajo. Por tal motivo, el hábitat urbano constituye el espacio donde confluyen las dinámicas educativas, innovadoras y de movilidad. Las fuerzas entrópicas aquí se manifiestan en la segregación socioespacial, el déficit de vivienda digna, la pérdida de áreas verdes y la exposición a riesgos ambientales. Frente a ello, las aplicaciones de sostenibilidad en el hábitat deben orientarse hacia la resiliencia, la inclusión y la regeneración ecológica.

La ciudad sostenible capaz de albergar la vida de la(s) especie(s) en condiciones justas, reduciendo vulnerabilidades y potenciando oportunidades, es una conceptualización que implica un cambio cultural profundo. De ahí la comprensión de la vivienda y el espacio urbano, no como mercancías, sino como derechos fundamentales y bienes comunes. El futuro de la ciudad-sistema, entonces, dependerá de nuestra capacidad para transformar las fuerzas entrópicas en oportunidades de innovación sostenible. La educación debe formar ciudadanos críticos y responsables; la innovación debe orientar tecnologías y prácticas hacia el bien común; la movilidad debe priorizar el acceso equitativo y la reducción de emisiones; y el hábitat debe garantizar condiciones dignas de vida en equilibrio con la naturaleza. Las aplicaciones de sostenibilidad en estos cuatro ámbitos representan no solo una expectativa, sino una necesidad urgente. De ellas depende la posibilidad de construir territorios donde la civilización minimice la entropía y maximice la resiliencia. El reto es inmenso, pero también lo es la capacidad humana de crear orden en medio del desorden, de generar negentropía frente a la entropía.

Una vez reflexionado lo anterior, *Aplicaciones de sostenibilidad. Educación, innovación, movilidad y hábitat* agrupa una serie de colaboraciones multidisciplinares que revisan, analizan y reflexionan a nivel urbano y territorial el contexto que experimentan las ciudades-sistema. Los trabajos aquí expuestos y estructurados en tres ejes temáticos fueron elaborados por investigadores y estudiantes de posgrado, preocupados por el futuro de las ciudades. La obra se organiza en tres ejes temáticos: el primero aborda “La educación, cultura de la sostenibilidad y gestión del riesgo”; el segundo eje trata “La innovación tecnológica y gestión

sostenible” y el tercero analiza la “Movilidad urbana y hábitat, desde una perspectiva analítico-reflexiva”. Este compendio no se limita a mostrar resultados, datos o conclusiones, sino que abre el debate para la discusión, la argumentación, la autocrítica y el intercambio inter-, multi- y transdisciplinario.

De esta forma, el Eje 1: “La educación, cultura de la sostenibilidad y gestión del riesgo” se integra de tres capítulos. En el capítulo 1.1 “Diagnóstico sobre la percepción de la sustentabilidad en la comunidad universitaria: Propuesta de solución”, Martínez Larios y Escatell Loera, mediante un diseño no experimental, descriptivo y comparativo, nos comparten el nivel de conocimiento, percepción y adopción de hábitos sustentables entre estudiantes y profesores de la Universidad de Guadalajara. Las autoras y el autor identificaron diferencias entre ambos grupos, así como actitudes hacia la sustentabilidad en contextos académicos y personales. Por otro lado, detectaron resistencias y limitaciones que dificultan la incorporación de prácticas sustentables. El análisis de los datos se realizó con estadística descriptiva, presentando los resultados en gráficos elaborados en Excel para facilitar su interpretación. Este enfoque permitió comparar de manera clara el nivel de conciencia ambiental entre los actores universitarios, así como identificar áreas de oportunidad para fortalecer la educación sustentable dentro de la institución y promover cambios significativos en los hábitos de la comunidad académica.

En el capítulo 1.2 “Evaluación de la conciencia sísmica mediante lógica difusa en estudiantes del Centro Universitario de Tlajomulco”, Mayoral-Ruiz y Jiménez-Sánchez analizan la percepción de 116 estudiantes universitarios del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) respecto a seis dimensiones de la conciencia sísmica: a) percepción del riesgo, b) cultura sísmica, c) educación preventiva, d) políticas de gestión, e) normativas de construcción y f) difusión educativa. Mediante un cuestionario y análisis con lógica difusa, el autor identifica percepciones altas en el ámbito escolar, asociadas a simulacros y protocolos, mientras que en espacios como trayectos y áreas de esparcimiento presentan percepciones bajas, lo que evidencia brechas en la educación no formal y le permitieron destacar tres retos principales para el AMG: 1) la concentración de la prevención en el ámbito escolar, 2) la baja participación ciudadana y 3) la falta de campañas específicas para vulnerabilidades.

Para el capítulo 1.3 “Economía circular y sostenibilidad para la renovación e innovación de los PGIRS: Región de la sabana Norte (ASO-CENTRO), Colombia”, Pinilla-Moscoso y Puertas Pinilla exponen que la gestión de residuos sólidos ha sido un tema clave en la historia de la humanidad, con avances importantes en países desarrollados que aplican métodos como el reciclaje y el compostaje. Sin embargo, en países como Colombia, su implementación enfrenta obstáculos debido a la falta de recursos. En su estudio, analizaron la integración del cambio climático en el ordenamiento territorial del municipio de Chía, como parte de una estrategia de sostenibilidad. Para ello, evaluaron cómo los municipios de la Sabana Norte pueden avanzar hacia modelos sostenibles mediante la modernización de sus Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). El estudio subraya la necesidad de generar alianzas municipales para fortalecer la planificación ambiental y actualizar los PGIRS a una tercera generación.

El Eje 2, denominado “Innovación tecnológica y gestión sostenible” está integrado por dos colaboraciones. En la contribución 2.1. “Afectaciones ambientales de *berries* en Jalisco: Preservación isocórica aplicada a zarzamoras”, Angulo Sherman, Serafín García y Monteros Curiel, nos hablan de cómo el crecimiento de la demanda global de *berries* ha convertido al estado de Jalisco en un referente en la producción de zarzamora. Sin embargo, las pérdidas postcosecha pueden llegar hasta un 25 %. En este sentido, analizaron la eficacia de la preservación isocórica, como una técnica emergente basada en el uso de contenedores rígidos que impiden el cambio de volumen, generando presiones internas elevadas a temperaturas bajo cero, sin llegar a la congelación. Según las autoras y el autor, aunque el tratamiento isocórico mostró la mayor pérdida de masa y firmeza, mantuvo de forma destacada la luminosidad, el tono amarillo y mejoró el aroma. Pese a afectar la textura, lo que limita su uso en productos frescos, la preservación isocórica ofrece ventajas significativas para aplicaciones industriales como jugos o mermeladas, donde el color y el aroma son cualidades clave.

En el capítulo 2.2 “Riesgos en la disposición final de la vinaza del Tequila: Alternativas de sostenibilidad”, Covarruvías del Toro, Estrada-Vargas, García-García y González Pérez plantean que la industria

del tequila representa una fuente principal de ingresos y empleos en el estado de Jalisco en México. No obstante, la producción de cada litro de tequila implica una generación de entre 10 y 12 litros de vinaza, un contaminante residual que, si no es tratado previamente, causa un gran impacto ecológico y riesgos a la salud. Para el autor, es inpostergable llevar a la vinaza tequilera un tratamiento completo (primario, secundario y terciario) para su posterior descarga en los cuerpos de agua y el suelo.

En el Eje 3: “Movilidad urbana y hábitat” participan dos capítulos. En el capítulo 3.1 “Emisiones de CO₂ del parque vehicular registrado en la zona metropolitana Tepic-Xalisco”, Marcela Flores, García Nuñez y Najera Gonzalez identificaron que el parque vehicular de la zona metropolitana Tepic-Xalisco es no solo obsoleto, sino que en su mayoría proviene del extranjero. En este sentido, utiliza gasolina de bajo octanaje, lo cual genera una mala combustión e incrementa la emisión de gases de efecto invernadero. En su investigación, las autoras y el autor destacan la urgencia de actualizar diagnósticos ambientales y proponer medidas como crear una ley estatal de cambio climático. De igual forma, es prioritario fortalecer la infraestructura vial y promover medios alternativos como la bicicleta. En suma, la innovación metodológica radica en la integración de tres técnicas para estimar emisiones, captación de carbono y caracterización vehicular.

Finalmente, en el capítulo 3.2. “Vulnerabilidad de la vivienda vernácula ante procesos de globalización”, donde Espinoza García et al. examinan la vulnerabilidad de la vivienda vernácula frente a los efectos de la globalización, considerando su impacto en las dinámicas constructivas y culturales del ámbito rural. Los autores adoptan una metodología hipotético-deductiva, aplicada en comunidades del sur de Sinaloa en México, con el objetivo de identificar los factores que debilitan la permanencia de las soluciones habitacionales tradicionales. Entre estos factores destaca la sustitución progresiva de materiales y técnicas locales por sistemas constructivos prefabricados, lo que compromete la sostenibilidad, identidad y resiliencia de la arquitectura autóctona.

Eje 1

**Educación, cultura de la sostenibilidad y
gestión del riesgo y cambio climático**

Capítulo 1.1

Diagnóstico sobre la percepción de la sustentabilidad en la comunidad universitaria: Propuesta de solución

Martínez Larios Marcia Leticia¹
Escatell Loera Maritza Romana²

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20259648>



¹ Profesora de la Universidad de Guadalajara. e-mail: marcia.mlarios@academicos.udg.mx

² Profesora de la Universidad de Guadalajara. e-mail: maritza.escatell@academicos.udg.mx

1. Introducción

A finales de la década de 1960 y principios de 1970, surgió una creciente preocupación a nivel internacional por los problemas ambientales, lo que llevó a varios países a comenzar a promulgar leyes con carácter ambiental. No obstante, dichas normativas aún no se centraban explícitamente en el concepto de “sustentabilidad”, tal como lo entendemos en la actualidad.

Fue hasta 1972 (Naciones Unidas, 1972), durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo, siendo la primera gran conferencia internacional sobre las cuestiones ambientales, que se marcó el inicio en la concientización global sobre la necesidad de proteger el medio ambiente. A partir de este momento, comenzó a consolidarse una visión más integral sobre la relación entre desarrollo y medio ambiente, lo que sentó las bases para la evolución del concepto de sustentabilidad.

Este concepto se posicionó como un eje fundamental a nivel mundial (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987) desde 1987, que la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD) de las Naciones Unidas publicó “Nuestro Futuro en Común”, donde se lee: “Desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (CMMAD, 1987), proclamando así una necesidad de trabajar como humanidad en conjunto, haciendo un llamado a todos los que vivimos en el planeta y que podemos, desde nuestro rol, sea como empresa, gobierno, institución educativa o ciudadano, proponer e impulsar acciones encaminadas al logro del desarrollo sustentable.

Tras este hito conceptual, la sustentabilidad adquirió relevancia global mediante una serie de cumbres internacionales que reforzaron su marco de acción, como la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, en 1992, que estableció agendas concretas como el Programa 21 y reconoció el

cambio climático como un desafío colectivo (Manos Unidas, 2024). Una década después, la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo en 2002 evaluó avances y obstáculos, enfatizando la corresponsabilidad entre gobiernos, empresas y sociedad civil (Naciones Unidas, 2002). El impulso se renovó en 2015 con dos eventos clave: la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en Nueva York, que adoptó la Agenda 2030 con sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y el Acuerdo de París, que marcó un compromiso histórico contra el calentamiento global (Naciones Unidas, 2015).

Estos eventos no solo ampliaron el alcance de la sustentabilidad integrando dimensiones sociales, económicas y ambientales a nivel mundial, sino que también destacaron el papel protagónico de las instituciones educativas como agentes de cambio, al ser espacios críticos para la formación de ciudadanos conscientes y la generación de soluciones innovadoras.

A nivel nacional, se inició en 1971 con la promulgación de la ley federal (SEGOB, 1971) para prevenir y controlar la contaminación ambiental, cuyo objetivo principal era prevenir y combatir la contaminación del aire, agua y suelo; esto marcó un inicio en la regulación de los impactos ambientales en nuestro país. Posteriormente, se emitieron otras leyes a las que se fue incorporando la perspectiva del desarrollo sustentable, como la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), 1988, en la cual se incorporan principios relacionados con el uso sustentable de los recursos naturales.

Aquí en el estado, por su parte, el gobierno de Jalisco, desde 1989, con la última actualización hecha en el 2008 (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 28), la Ley estatal del equilibrio ecológico y la protección al ambiente establece el marco legal para la protección del medio ambiente en Jalisco, incluyendo la gestión de residuos, la protección de áreas naturales y la prevención de la contaminación (Gobierno de Jalisco, 2019).

1.1. Conceptualización teórica

La gestión ambiental cada vez se toma más en cuenta por los representantes de las instituciones de educación superior como la Universidad de

Guadalajara, quienes integran estrategias para llevar a cabo, plasmando en su plan de desarrollo institucional, de manera recurrente, la importancia de la sustentabilidad y no solo por su responsabilidad ambiental, sino también por su rol en la formación de ciudadanos conscientes del medio ambiente y su fragilidad.

En ese sentido, este marco teórico tiene como objetivo sentar las bases conceptuales y analíticas para interpretar los resultados del diagnóstico realizado sobre percepción, actitudes y prácticas de sustentabilidad en la comunidad universitaria. Para ello, se revisan las definiciones y alcances del desarrollo sostenible y la sustentabilidad, los enfoques internacionales sobre campus sostenibles y los marcos teóricos que explican la relación entre cultura organizacional, percepción ambiental y adopción de prácticas sustentables.

En el contexto de la sostenibilidad universitaria, la bibliografía especializada resalta el papel estratégico de las instituciones de educación superior como agentes de cambio social y ambiental. Un ejemplo ilustrativo es la 16.^a Conferencia Anual de la Red Internacional de Campus Sustentables (ISCN), organizada por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en la que se enfatizó que la sustentabilidad debe permear no solo las operaciones institucionales, sino también la docencia y la investigación (Gaceta UNAM, 2024). Este tipo de foros evidencia la relevancia de la colaboración internacional y del intercambio de buenas prácticas entre universidades para enfrentar desafíos ambientales y sociales complejos, favoreciendo la construcción de comunidades académicas más resilientes. Asimismo, la UNAM, a través de la Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad (CoUS), ha reforzado su compromiso en este ámbito, involucrando de forma activa a estudiantes, personal docente y trabajadores en iniciativas colectivas orientadas a fortalecer la conciencia ambiental y a desarrollar soluciones sostenibles desde el entorno universitario.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados en la creación de múltiples programas institucionales en materia de educación ambiental y sustentabilidad como separación de residuos sólidos y promoción del reciclaje, se desconoce hasta qué punto estos son reconocidos, comprendidos y apropiados por la comunidad universitaria, existiendo dificultades para consolidar una cultura de sustentabilidad entre su comunidad, inter-

vinieron factores como la resistencia al cambio en prácticas sustentables en su lugar de estudio, el desconocimiento de la existencia de programas que abonan al desarrollo sustentable, incluso aunque en menor medida la indiferencia ante los riesgos ambientales que enfrentamos, por lo que la brecha entre el discurso institucional y prácticas cotidianas constituyen un problema que limita la consolidación de una cultura sustentable en el ámbito universitario.

Este capítulo tiene como propósito evaluar la percepción y la práctica de la sustentabilidad en la comunidad universitaria de la Universidad de Guadalajara, analizando el nivel de conocimiento conceptual de los estudiantes, docentes y personal administrativo sobre la sustentabilidad y los ODS, identificando las principales actitudes y prácticas sostenibles dentro y fuera del ámbito educativo, tomando como referencia un estudio de caso en una institución pública.

El análisis se centra en identificar las barreras que impiden la adopción de hábitos sostenibles, creando una brecha existente entre el conocimiento teórico sobre los riesgos derivados del uso inadecuado de los recursos naturales y la limitada acción colectiva para mitigarlos. Para ello, se aplicó una encuesta estructurada a más de 400 integrantes de la comunidad universitaria (estudiantes, docentes y personal administrativo), con el fin de reconocer los factores que obstaculizan la adopción de conductas sostenibles, pese a la disponibilidad de programas institucionales diseñados para este propósito.

2. Metodología

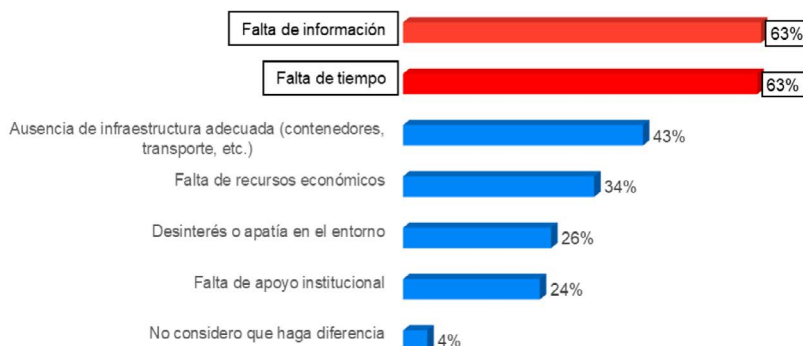
Mediante un enfoque mixto, que integra técnicas cuantitativas y cualitativas, se examinaron las percepciones, actitudes y prácticas cotidianas de los participantes, contrastándolas con las iniciativas institucionales de sostenibilidad implementadas en su entorno académico y laboral. Los resultados permiten identificar patrones de comportamiento y niveles de coherencia entre el conocimiento adquirido y las prácticas observadas. Con base en los hallazgos, se plantean estrategias de corto y largo plazo basadas en evidencias orientadas a fortalecer la cultura sustentable universitaria para superar las limitaciones detectadas, promoviendo así una transición efectiva hacia un modelo universitario sustentable, en concor-

dancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, s. f.)

En la siguiente gráfica (Figura 1), se puede apreciar cómo, con un empate del 63 % de las respuestas de los encuestados, consideran que no cuentan con el tiempo ni la información suficiente como para adoptar prácticas o hábitos que apoyen el desarrollo sustentable, así como un preocupante 30 % de los encuestados que no les interesa su entorno o consideran que como individuos no hacen una diferencia al realizar prácticas sustentables en casa o trabajo.

Figura 1

Factores que pueden dificultar adoptar prácticas sustentables en la vida diaria.



Fuente: elaboración propia con los datos de la encuesta aplicada (2025).

Nota: El gráfico representa los factores que los encuestados consideran dificultan más la adopción de prácticas sustentables, los de mayor porcentaje son la falta de tiempo o falta de información.

En 2015, la ONU adoptó los 17 ODS como un llamamiento universal para poner fin a la pobreza (Figura 2), proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad (Naciones Unidas, 2015).

Figura 2

Logotipos de los 17 elementos que forman los ODS.



Fuente: Naciones Unidas, s. f.

Nota: La figura representa los diecisiete objetivos de desarrollo sostenible con sus iconos representativos, cada uno tiene bien establecidas metas a cubrir al año 2030.

Pero, ¿cuál es la importancia de la sustentabilidad? ¿Por qué debemos educar para la sustentabilidad a los estudiantes de educación superior? No es de sorprendernos la crisis que vivimos a nivel mundial en materia de recursos naturales; la sustentabilidad busca generar una conciencia ambiental pensando en el futuro de las nuevas generaciones, es por ello que la mejor manera de impulsar estas acciones es fomentar, preparar y concientizar a las y los futuros líderes desde su educación superior.

La educación y formación son prioritarias para contrarrestar un poco las afectaciones que la misma humanidad provoca en el medio ambiente. El aprender sobre economía circular, reciclaje, manejo de residuos sólidos y cuidado del medio ambiente en general permitirá fortalecer la economía, sin dejar de satisfacer las necesidades humanas, al mismo tiempo que se genera conciencia de las repercusiones de no cuidar hoy nuestros recursos.

En el contexto europeo, numerosas publicaciones, estudios y acuerdos se han escrito y firmado desde 1972 (Naciones Unidas, 1972) en diferentes cumbres como en la Cumbre de la tierra, Río de Janeiro, 1992 (Manos Unidas, 2024); la Cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible, Johannesburgo, 2002 (Naciones Unidas, 2002); Cumbre de las Naciones Unidas sobre el desarrollo sostenible, Nueva York, 2015

(Naciones Unidas); y el acuerdo que se firmó en París, en el año 2015 (Naciones Unidas, 2015).

Todas estas firmas se han hecho en pro de un cambio en la formación de la población mundial a través de sus representantes gubernamentales; no todo el mundo se ha unido a esta causa; es ahí donde converge la educación superior como pilar fundamental de esta alfabetización. En junio de 1999 se firmó la declaración de Bolonia (Bologna Process-European Higher Education Area, 1999); en esta se enfatiza la importancia de asegurar la calidad de la educación superior en Europa, promoviendo la evaluación y el aseguramiento de la calidad, otra vez señalando la educación superior como una variable fundamental en el desarrollo de la sustentabilidad de manera eficiente.

A nivel Red Universidad de Guadalajara, se han desarrollado los Planes de Desarrollo Institucionales (PDI) pensando en acciones que abonen a la implementación de los ODS, enfocándose prioritariamente en el ODS 4, referente a la Educación de calidad, pero sin dejar de lado los demás (Universidad de Guadalajara, 2019); por ejemplo, en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), la gestión de riesgo ambiental se enfoca en identificar, evaluar y mitigar los riesgos ambientales asociados a las actividades de la institución (Aceves Ávila, León Araiza y Salazar Durán, 2019) para garantizar el cumplimiento de la legislación ambiental, la mejora continua y la prevención de la contaminación. Esto implica un proceso sistemático que incluye la identificación de amenazas, la evaluación de la vulnerabilidad y la implementación de medidas de prevención y mitigación (Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, s. f.).

Se dirige a orientar sus actividades de investigación, docencia y extensión, hacia el respeto del medio ambiente, promover la mejora continua y cumplir con la legislación ambiental aplicable y otros requisitos voluntarios, por medio del SGA, motivando a la comunidad universitaria y demás partes interesadas a la optimización de los recursos y a la prevención de la contaminación ambiental, mediante la implementación de un sistema de gestión ambiental.

Al hablar de la gestión del riesgo ambiental y lo que implica la implementación de sistemas sustentables, así como practicar la prevención de

la contaminación, es de reconocer que esto se puede lograr a través de una evaluación de impacto ambiental y la puesta en marcha de acciones para reducir el impacto en el medio ambiente causado por la sociedad, y qué mejor momento que cuando los futuros profesionales se están formando profesionalmente rodeados por diferentes estrategias que fomenten la sustentabilidad.

Para la obtención de los datos a analizar en la presente investigación, se empleó la metodología “estudio de caso”, ya que para la muestra se seleccionaron el Centro Universitario de Tonalá y el Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA) de los quince Centros Universitarios pertenecientes a la RED de la Universidad de Guadalajara, que está formada, además, por el sistema de Universidad Virtual y el sistema de educación media superior.

La selección no fue al azar, sino que las autoras investigadoras en conjunto tenían acceso a más de 20 grupos de alumnos de diferentes carreras y que provienen de diferentes puntos del estado e incluso del país; esto nos proporciona una muestra. Esta metodología implementada por medio de instrumentos de recolección de datos con una serie de preguntas mixtas de selección múltiple y abiertas que se asemejan a una entrevista, permitió recabar los datos que respaldan la presente investigación (Figura 3).

Figura 3

Distribución geográfica de la Red de centros universitarios en el estado.



SEMS - SISTEMA DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

Fuente: Universidad de Guadalajara, s.f.

Nota: La figura representa la ubicación de los CU en los mapas del estado de Jalisco y de la Zona metropolitana.

Entonces, la pregunta guía es: ¿Cómo percibe la comunidad universitaria (profesores, estudiantes y administrativos) la sustentabilidad en su vida cotidiana y su transitar como parte de una comunidad universitaria en Jalisco? Para poder crear y proponer estrategias de acciones encaminadas a un objetivo común con bases sólidas de ética y que impulsen la sustentabilidad en el aula, es necesario primero diagnosticar el grado de conocimiento, qué actividades realizan en sus hogares relacionadas con el cuidado del medio ambiente, las actitudes que tienen hacia la adopción de hábitos sustentables, de todos los actores que tienen injerencia en el proceso de la sustentabilidad, así como las herramientas proporcionadas por la institución de educación superior en su lugar de estudio y del gobierno por el lugar donde se ubica su hogar, que es donde pasa una parte importante de las horas del día.

El tamaño de la muestra se realizó el cálculo de la siguiente manera: si los centros universitarios en los que se trabajara la encuesta tienen alrededor de 10 000 miembros, se determinó con un 95 % de confianza y 5 % de margen de error, de acuerdo con la fórmula de tamaño muestral para poblaciones finitas, plasmada en la Figura 4.

Figura 4

Fórmula de tamaño muestral para poblaciones finitas.

$$\eta = \frac{z^2 x \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2 (N - 1) + z^2 x \cdot N \cdot p \cdot q}$$

Fuente: Adaptación con base en Silva Ramos et al., 2019.

Nota: La figura representa la fórmula para el cálculo de muestra en poblaciones finitas y conocidas y cada uno de sus elementos.

Donde

N = 10,000 (población total),

Z = 1.96 (valor Z para 95 % de confianza),

p y q = 0.5 (variabilidad máxima, conservadora)

i = 0.05 (error máximo).

Resultado: $n \approx 370$, La muestra con que trabajamos (400) supera este mínimo.

Las encuestas fueron aplicadas de forma anónima para garantizar la confidencialidad de los participantes y minimizar sesgos de deseabilidad social. Este enfoque permitió respuestas más honestas, especialmente en temas sensibles como la percepción de fallas institucionales o la falta de adherencia a programas sustentables. Los datos recolectados no incluyen identificadores personales (como nombres, números de matrícula o correos electrónicos), y los resultados se analizaron de manera agregada para preservar el anonimato individual.

Dentro de los últimos años se encontraron varios programas en materia de sustentabilidad en la red universitaria. La Universidad de Guadalajara, a través de la Coordinación de Sostenibilidad, se encarga de trabajar con el fin de concientizar a la comunidad universitaria y a la sociedad del estado de Jalisco, implementando proyectos en el ámbito de desarrollo sostenible a partir de las funciones sustantivas de esta casa de estudio,

plataforma que nos permitió cuestionar qué tanto conocimiento tienen los integrantes de la comunidad universitaria de dichos programas. Dos de los programas con más éxito son el RECOLECTRON, que en su 3.^a Edición: La campaña de 2024, a una semana de su cierre, se habían recibido cerca de 10 toneladas de residuos electrónicos (Figura 5).

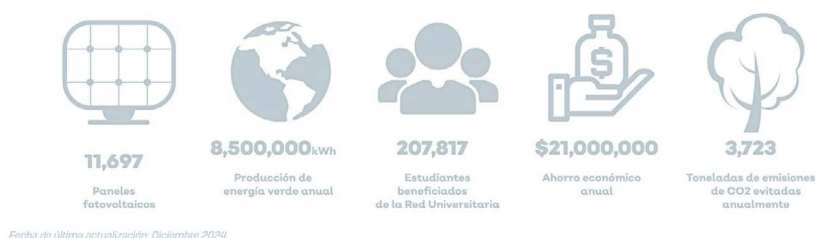
Figura 5
Publicidad de la campaña en redes sociales



Fuente: Universidad de Guadalajara, s.f.

Nota: La figura permite ver una serie de imágenes agrupadas a manera de collage de elaboración propia, sobre la publicidad de campaña REC-OLETRÓN 3ra. edición.

Otro de los programas que se encontró y que abona en gran medida hacia una comunidad universitaria sustentable es en el que se realiza la instalación de paneles solares dentro de las instalaciones de los centros universitarios y preparatorias; a diciembre de 2024 ya se habían instalado 11 697 paneles fotovoltaicos, logrando un ahorro significativo de energía (Figura 6).

Figura 6*Algunos beneficios de programas implementados en IES**Fuente:* Universidad de Guadalajara, s.f.*Nota:* La figura muestra cinco beneficios obtenidos de diferentes programas implementados

Otro de los programas que promueven la sustentabilidad, y que llamó nuestra atención, es el implementado en otro centro universitario que es el de la captación de agua de lluvia, teniendo una de las 14 sedes de la red del programa “Nubes UdG” desde el 2024 y una planta de tratamiento de aguas residuales. Otra medida que se implementa para contribuir al desarrollo de ciudades sostenibles es la de ofrecer programas de posgrado en áreas como la ingeniería del agua y la energía, geología y las ciencias de la ciudad, además de realizar semanas de la sustentabilidad para concientizar; esta técnica ya tiene tiempo que se realiza desde octubre del 2017 con diversas actividades como conferencias, tianguis del *recycle* y presentaciones de paneles con expertos en la materia ofertadas a estudiantes y profesores donde aprenden y practican sobre la sustentabilidad (Figura 7).

Figura 7

Publicidad de diferentes ediciones de la semana de la sustentabilidad.



Fuente: Centro Universitario de Tonalá, s.f.

Nota: Figura de elaboración propia a manera de ejemplo, tomada de las redes sociales en la dirección. Como parte complementaria se instalaron botes de basura clasificados para separar los residuos y los nuevos edificios fueron diseñados para aprovechar mejor la luz y ventilación naturales.

3. Resultados

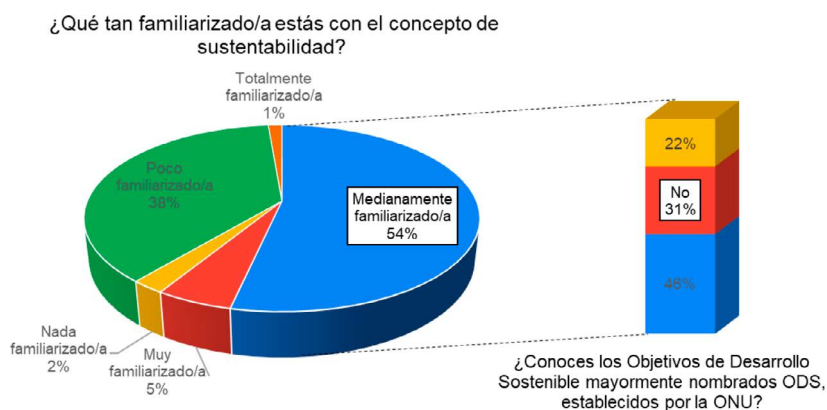
El análisis de la información recolectada evidencia que la comprensión de los conceptos de sustentabilidad dentro de la comunidad universitaria no se traduce de manera consistente en prácticas concretas. Los resultados obtenidos, representados en gráficas y cuadros estadísticos, muestran con claridad la existencia de una brecha entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica. Al mismo tiempo, los datos permiten identificar áreas de oportunidad para orientar la percepción hacia una implementación más efectiva de conductas sostenibles. Los hallazgos cuantitativos subrayan la necesidad de diseñar e implementar estrategias integrales que fortalezcan la relación entre la gestión institucional y la participación individual, con el objetivo de consolidar un modelo de desarrollo sustentable en el ámbito universitario. Para su análisis, los resultados se organizaron en tres ejes principales:

- Relación entre conocimiento teórico y acción real.
- Evaluación de la efectividad de los programas institucionales.
- Identificación de barreras que limitan la adopción de prácticas sostenibles.

En la revisión de las respuestas obtenidas respecto a la percepción de la sustentabilidad y el conocimiento de las propuestas aplicadas en los centros universitarios, se identificó que más del 80 % de los participantes manifestaron estar familiarizados, en distinto grado, con el concepto de sustentabilidad (Figura 8). Este resultado permite inferir la existencia de una base conceptual relativamente extendida dentro de la comunidad universitaria, lo cual constituye un punto de partida favorable para la promoción y adopción de prácticas sostenibles en la comunidad universitaria.

Figura 8

Familiarizados con sustentabilidad y los ODS



Fuente: elaboración propia con los datos de la encuesta aplicada (2025).

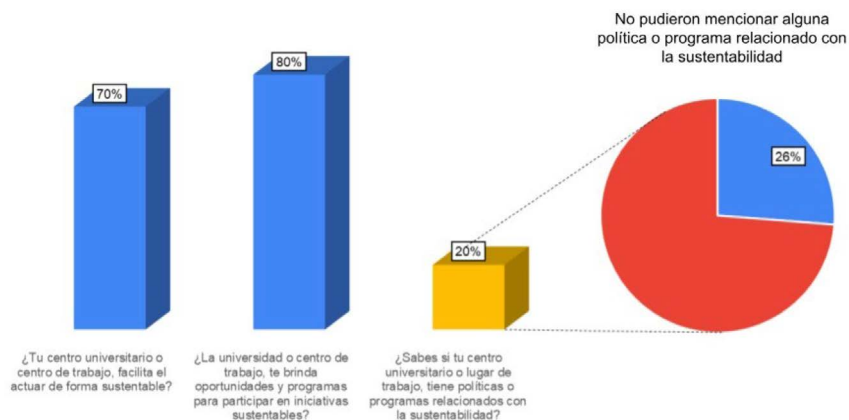
Nota: Porcentajes de en qué grado están familiarizados del concepto sustentabilidad, así como los ODS.

Al profundizar en el nivel de conocimiento específico sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) impulsados por la Organización de las Naciones Unidas, los resultados muestran una tendencia distinta a la percepción general de sustentabilidad. Más del 30 % de los participantes

reportaron desconocimiento total de los ODS, mientras que un 46 % señaló poseer únicamente una noción vaga, limitada a haber escuchado sobre ellos sin comprender de manera clara su significado y alcances.

En contraste, únicamente el 15 % de los encuestados manifestó contar con un conocimiento sólido sobre los ODS y su relación con el concepto de sustentabilidad (véase Figura 9). Este hallazgo contrasta con el 80 % de familiaridad general previamente reportada respecto al concepto de sustentabilidad, lo que evidencia una brecha considerable entre la percepción amplia del término y la comprensión de los marcos y herramientas específicas que le dan aplicación práctica, como los ODS.

Estos resultados no solo validan las hipótesis iniciales del estudio, sino que también ponen de manifiesto contradicciones relevantes que representan un desafío para la gestión universitaria orientada al fortalecimiento de la cultura sustentable en contextos de alta incertidumbre. De manera complementaria, se identificó que más del 70 % de los participantes perciben que su institución educativa facilita la adopción de prácticas sustentables, principalmente a través de programas y actividades de participación en iniciativas ambientales. No obstante, al profundizar en el conocimiento específico sobre dichas políticas y programas, la mayoría de las respuestas resultaron vagas, y una proporción significativa de encuestados no logró identificar iniciativas concretas.

Figura 9*Conocimiento de la existencia de programas relacionados con la sustentabilidad*

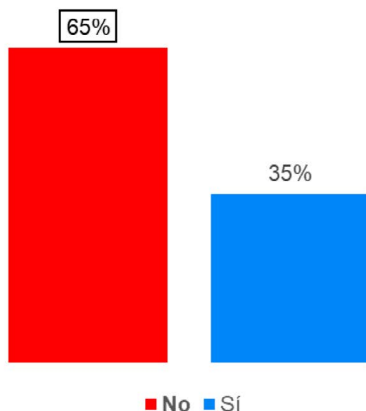
Fuente: elaboración propia con los datos de la encuesta aplicada (2025).

Nota: porcentaje de conocimiento de programas relacionados a la sustentabilidad implementados tanto en sus áreas de trabajo como sus áreas de estudio.

Este hallazgo contrasta significativamente con la percepción inicial, dejando solo al 15 % de los encuestados demostrando un conocimiento claro sobre las iniciativas de sustentabilidad implementadas en su centro de estudio o trabajo. Según las respuestas, el 65 % de los encuestados afirma que el desinterés de sus amigos, compañeros o familia con los que comparten el gusto por la sustentabilidad, no afecta su propia motivación para actuar de manera sostenible. Esto muestra que una gran parte de los universitarios tiene una motivación personal fuerte en este tema (Figura 10).

Figura 10

Motivación de actuar de manera sustentable en relación al interés de sus amigos.



Fuente: elaboración propia con los datos de la encuesta aplicada (2025).

Nota: el 65 por ciento de los encuestados refiere que no es una limitación de realizar prácticas sostenibles, si amigos y/o compañeros no están interesados ni en favor de ello.

El análisis de las respuestas también permitió identificar una problemática relevante: una parte de los participantes que anteriormente realizaban acciones cotidianas a favor de la sustentabilidad —como la separación de residuos— han abandonado dichas prácticas. La razón principal señalada corresponde a la percepción de ineficacia de sus esfuerzos. En particular, se mencionó que, al observar cómo los residuos previamente separados se mezclan durante la recolección por parte de los servicios de limpieza, los individuos concluyen que su contribución carece de impacto real, lo que genera desmotivación y abandono de hábitos sostenibles.

Asimismo, entre los principales obstáculos para la adopción de conductas sustentables, el 63 % de los encuestados destacó dos factores centrales: la falta de información clara sobre la manera de llevar a cabo acciones concretas y la limitación de tiempo en su vida cotidiana. En la Figura 11 se ilustran estos elementos junto con otros factores que inciden en la continuidad o el abandono de prácticas sustentables dentro de la comunidad universitaria.

Figura 11

Factores que dificultan adoptar prácticas sustentables en la vida diaria.



Fuente: elaboración propia con los datos de la encuesta aplicada (2025).

Nota: el 43 por ciento de los encuestados indica la importancia de contar con infraestructura adecuada, para mayor facilidad en adopción de prácticas sustentables.

Los resultados obtenidos muestran que, más allá del interés conceptual en la sustentabilidad, persisten barreras prácticas que limitan la participación activa de la comunidad universitaria. La falta de información clara señala la necesidad de implementar campañas de comunicación más efectivas que logren traducir el conocimiento general en acciones concretas y accesibles. Por su parte, la limitación de tiempo indica la importancia de diseñar estrategias (Cervantes y Martínez Soto, 2023) que integren prácticas sostenibles en rutinas simples y compatibles con el ritmo de vida universitario.

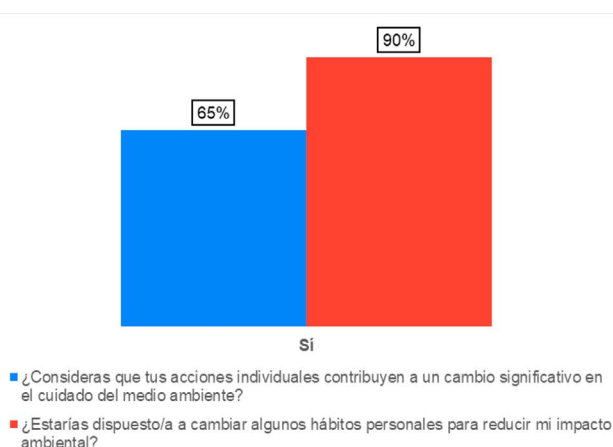
Las representaciones gráficas permiten identificar con claridad los puntos clave en los que deben concentrar los esfuerzos institucionales para generar un impacto real y medible. Estos hallazgos reflejan patrones consistentes en la percepción y práctica de la sustentabilidad en diferentes dimensiones de la vida universitaria: como miembros de una familia, en el ámbito laboral y en el rol estudiantil.

Un aspecto positivo del análisis es la alta disposición de la comunidad para participar en acciones sostenibles: el 90 % de los encuestados

manifestó estar dispuesto a modificar o adoptar prácticas orientadas a reducir el impacto ambiental, mientras que el 65 % considera que sus acciones contribuyen de manera significativa al cuidado del medio ambiente (Figura 12).

Figura 12

Disposición para cambiar hábitos personales en pro del cuidado del medio ambiente.



Fuente: elaboración propia con los datos de la encuesta aplicada (2025).

Nota: Porcentaje de respuesta positiva en disposición para adoptar hábitos que contribuyan con la sustentabilidad.

A partir de la información recopilada mediante la aplicación de un instrumento tipo encuesta, se identificó una contradicción relevante en la comunidad universitaria: aunque una proporción significativa de estudiantes, docentes y personal administrativo expresa interés en adoptar prácticas sostenibles en su vida cotidiana, la mayoría reporta desconocer los programas institucionales existentes, percibir limitaciones de tiempo para participar y carecer de información clara sobre cómo integrarlas en su rutina. No obstante, este grupo no muestra desmotivación sino disposición para involucrarse activamente si se generan condiciones propicias. Estos hallazgos evidencian la necesidad de diseñar e implementar programas institucionales más visibles y atractivos, políticas públicas internas que incentiven la adopción de hábitos sostenibles y un mejoramiento de la infraestructura universitaria que facilite la separación de residuos, el ahorro de recursos y la reducción de impactos ambientales.

4. Conclusiones

Los resultados de este diagnóstico permiten concluir que, aunque la comunidad universitaria posee un conocimiento generalizado sobre el concepto de sustentabilidad, persisten brechas significativas entre el ámbito conceptual y la práctica cotidiana. Entre los factores que explican esta desconexión se identifican la insuficiencia de información clara y accesible, la limitación de tiempo, la falta de coordinación institucional y la percepción de un impacto reducido de las acciones individuales.

No obstante, los hallazgos también señalan oportunidades relevantes: la disposición favorable de una parte considerable de la población universitaria y la viabilidad de diseñar intervenciones específicas que integren los esfuerzos individuales con estructuras institucionales más sólidas. En este sentido, las propuestas derivadas del estudio incluyen el fortalecimiento de campañas de sensibilización permanentes, así como la mejora de la infraestructura destinada a la separación y recolección de residuos sólidos, como medidas orientadas a facilitar la transición de la percepción a la acción colectiva.

En síntesis, los resultados invitan a considerar la sustentabilidad universitaria como un proceso integral que requiere la convergencia de tres dimensiones clave: el compromiso institucional, la implementación de enfoques pedagógicos críticos y la participación activa de la comunidad. El reto inmediato consiste en avanzar hacia la ejecución y monitoreo sistemático de las estrategias planteadas, de modo que se cierre el ciclo entre diagnóstico e intervención efectiva, contribuyendo al desarrollo sustentable entendido como la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987).

5. Referencias

- Aceves Ávila, C., León Araiza, S., & Salazar Durán, P. (5 de Marzo de 2019). *Lineamientos para la gestión y manejo integral de residuos sólidos urbanos, de manejo especial, y peligrosos en centros educativos e instalaciones universitarias*. Universidad de Guadalajara. Obtenido de <https://cgsait.udg.mx/sites/default/files/2022-01/lineamiento-para-la-gestion-de-residuos.pdf>
- Bologna Process-European Higher Education Area. (18 de Junio de 1999). *Conferencia Ministerial De Bolonia 1999*. <https://ehea.info/index.php>: <https://ehea.info/page-ministerial-conference-bologna-1999>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (1988 de Enero de 28). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 2 de Abril de 2025, de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA): <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Nuestro Futuro Común*. Naciones Unidas.
- Gobierno de Jalisco. (9 de Diciembre de 2019). *Normas Ambientales Estatales*. Recuperado el 20 de Abril de 2025, de Portal de captura de información fundamental: <https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/transparencia/informacion-fundamental/13080>
- Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental. (s. f.). *Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas* (del Centro Universitario de Ciencias de la Salud, UDG). Recuperado el 20 de Marzo de 2025, de <http://saludambiental.udg.mx/instituto-de-medio-ambiente-y-comunidades-humanas/>
- Manos Unidas. (05 de 03 de 2024). *La Cumbre de la Tierra reúne a países de todo el mundo por el medio ambiente*. ManosUnidas.org. Recuperado el 20 de 04 de 2025, de [https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/cumbre-tierra#:~:text=La%20Cumbre%20de%20la%20](https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/cumbre-tierra#:~:text=La%20Cumbre%20de%20la%20Tierra%20reuni%C3%B3%20en%201992%20en%20R%C3%ADo,as%C3%AD%20como%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.:https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/cumbre-tierra#:~:text=La%20Cumbre%20de%20la%20)

- Tierra%20reuni%C3%B3%20en%201992%20en%20R%C3%A-Do,as%C3%AD%20como%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico. Naciones Unidas. (1972). *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, Estocolmo*, (A/CONF.48/14/Rev.1). Obtenido de <https://docs.un.org/es/A/CONF.48/14/Rev.1>
- Naciones Unidas. (2002). *Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, Johannesburgo*, (A/CONF.199/20). Obtenido de <https://docs.un.org/es/A/CONF.199/20>
- Naciones Unidas. (2015). *Asamblea General, Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* (A/RES/70/1). Obtenido de <https://docs.un.org/es/A/RES/70/>
- Naciones Unidas. (2015). *Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Acuerdo de París* (Decisión 1/CP.21). Obtenido de <https://www.refworld.org/es/docid/602021b64.html>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Asamblea General de las Naciones Unidas. Recuperado el 25 de Marzo de 2025*, de <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 30 de Marzo de 2025, de PNUD (o United Nations Development Programme): <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- SEGOB. (23 de Marzo de 1971). *Secretaría de Gobernación*. Recuperado el 12 de Marzo de 2025, de Sistema Integral de Normatividad del Diario Oficial de la Federación (SIDOF): <https://sidof.segob.gob.mx/notas/4750739?hl=es-US>
- Universidad de Guadalajara. (Diciembre de 2019). *Plan de Desarrollo Institucional 2019-2025 Visión 2030*. <https://www.udg.mx/es/pdi>

Capítulo 1.2

Evaluación de la conciencia sísmica mediante lógica difusa en estudiantes del Centro Universitario de Tlajomulco

*Mayoral Ruiz Pedro Alonso¹
Jiménez Sánchez Daniel Isaac²*

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20259655>



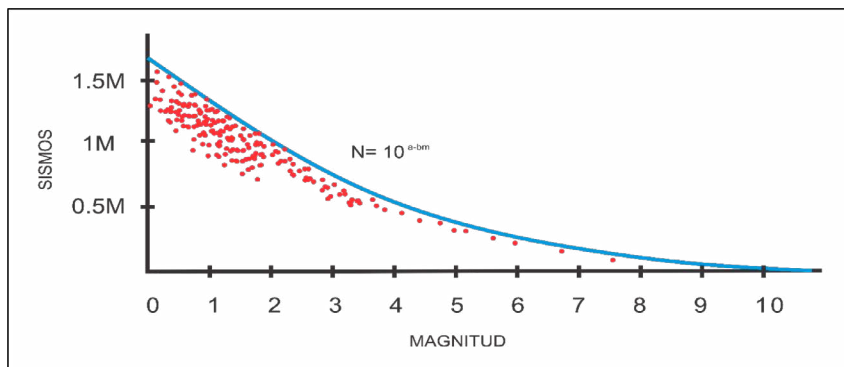
¹ Profesor Investigador en el Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. e-mail: pedro.mruiz@academicos.udg.mx

² Profesor del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. e-mail: daniel.jimenez@academicos.udg.mx

1. Introducción

La sismicidad es un fenómeno geofísico de inmensa magnitud que representa una de las principales amenazas naturales para las sociedades contemporáneas a nivel global, dada su estructura socio urbana. El fenómeno sísmico no solo compromete la seguridad humana y la integridad de la infraestructura, sino que también genera repercusiones socioeconómicas significativas, afectando el desarrollo y la estabilidad de las comunidades expuestas (Varley et al., 2010). Este impacto se vuelve particularmente crítico en un contexto de creciente urbanización y complejidad de las redes urbanas. Es en este marco donde el análisis de la sismicidad adquiere una relevancia central.

Según datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), anualmente se registran más de un millón de movimientos telúricos con magnitudes superiores a 2 grados en la escala de Richter, aunque solo una fracción mínima de estos —aproximadamente 20 eventos anuales— alcanzan magnitudes iguales o superiores a 7 Mw (Llorente y Macías, 2018). Esta distribución estadística sigue una relación logarítmica conocida como ley de Gutenberg-Richter, que demuestra cómo la frecuencia de los sismos disminuye exponencialmente conforme aumenta su magnitud. Sin embargo, son precisamente estos eventos de mayor intensidad los que representan el mayor riesgo para las sociedades, particularmente en regiones con alta actividad sísmica, alta densidad poblacional y vulnerabilidad estructural.

Figura 1.*Relación logarítmica conocida como ley de Gutenberg-Richter**Fuente: Elaboración propia*

La creciente urbanización a nivel global ha generado una concentración sin precedentes de población y activos económicos en zonas potencialmente expuestas a amenazas naturales. Según estimaciones de Naciones Unidas, más del 55 % de la población mundial reside actualmente en áreas urbanas, porcentaje que se proyecta aumente al 68 % para 2050 (ONU-Hábitat, 2022). Esta tendencia es particularmente preocupante en regiones de alta actividad sísmica, donde el desarrollo urbano acelerado y frecuentemente desordenado ha creado condiciones de vulnerabilidad multifactorial. El caso del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) resulta paradigmático en este sentido, al combinar una ubicación geológicamente compleja con un crecimiento urbano exponencial y en muchos casos carente de adecuada planeación.

La historia reciente ofrece ejemplos contundentes sobre las consecuencias de la interacción entre amenaza sísmica y vulnerabilidad social. El terremoto de Haití en 2010 (7.0 Mw) demostró de manera trágica cómo la combinación de construcción informal, falta de normativas adecuadas y ausencia de cultura preventiva puede convertir un evento sísmico en una catástrofe humanitaria, con más de 220 000 víctimas mortales (Bilham, 2010). En contraste, el sismo de 2010 en Chile (8.8 Mw) mostró que incluso ante eventos de mayor magnitud, la aplicación estricta de códigos de construcción sismorresistentes y programas continuos de educación

ciudadana pueden reducir significativamente el número de víctimas y daños materiales (Cutter y Emrich, 2006). Estos casos extremos ilustran el espectro de posibles resultados frente a amenazas similares, destacando el papel fundamental de la preparación y la conciencia social.

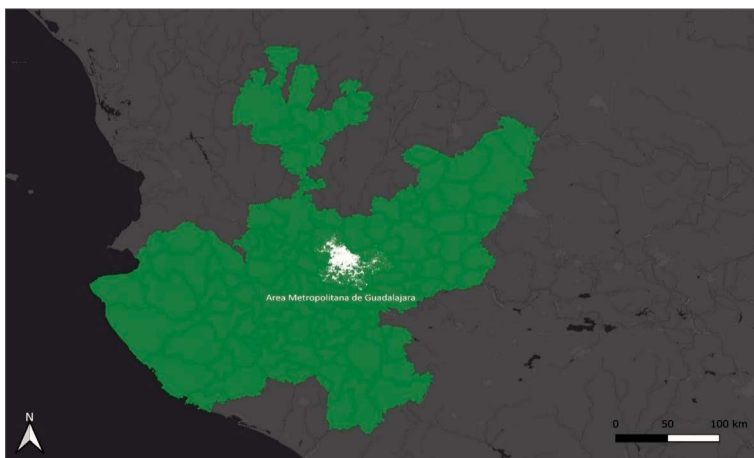
México ocupa un lugar particular en este panorama, al ser un país con amplia experiencia en sismos destructivos, pero con resultados dispares en cuanto a su capacidad de respuesta. Los terremotos de 1985 (8.1 Mw) y 2017 (7.1 Mw) en la Ciudad de México marcaron hitos en la historia sísmica nacional, generando importantes avances en normativas de construcción y sistemas de alerta temprana (Allier, 2018). Sin embargo, también revelaron problemas persistentes como la desigualdad en la aplicación de las normas, la corrupción en los procesos de supervisión y la pérdida progresiva de memoria colectiva sobre el riesgo sísmico entre generaciones que no han experimentado eventos catastróficos. Esta situación se replica en otras zonas urbanas del país con alta sismicidad potencial pero menor frecuencia de eventos destructivos, como es el caso del AMG.

El estado de Jalisco posee una historia sísmica significativa, aunque frecuentemente subestimada. El terremoto de 1932 (8.2 Mw), considerado el más intenso registrado en México durante el siglo XX, generó daños severos en la región costera y provocó un tsunami destructivo en Cuyutlán (Okal y Borrero, 2011). Más recientemente, la serie de sismos ocurridos entre 2015-2016 en la zona de Tesistán, al noroeste del AMG, con magnitudes de hasta 4.8 y aceleraciones del terreno de 80 cm/s^2 (Zamudio y Mayoral, 2019), demostraron la actividad de fallas locales y su potencial para generar movimientos perceptibles en la zona metropolitana.

Estos eventos, aunque de magnitud moderada, son un recordatorio de la amenaza sísmica latente en una región altamente poblada. El Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) se integra por diez municipios y alberga a más de 5 millones de habitantes, es el segundo centro económico, cultural y social más importantes del país. Ubicada en el corazón del estado de Jalisco, en la región centro-occidente de México, el AMG se encuentra estratégicamente posicionada en un valle rodeado por montañas y barrancas, lo que le confiere un paisaje único y una gran riqueza natural (IIEG, 2020). Su ubicación geográfica la convierte en un punto

clave para la conectividad nacional e internacional, ya que es un nodo central para el transporte terrestre, aéreo y ferroviario, además de ser un puente entre el norte y el sur del país.

Figura 2.
Ubicación del AMG dentro del estado de Jalisco.



Fuente: Elaboración propia.

El crecimiento acelerado del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) ha generado un escenario de vulnerabilidad acumulativa. La expansión urbana desordenada y la densificación de áreas con infraestructura antigua han creado un tejido urbano complejo y frágil, donde los sistemas críticos son interdependientes y susceptibles a un sismo de consideración (IIEG, 2020). Esta vulnerabilidad física y sistémica se agrava por la percepción generalizada de bajo riesgo en la población, un factor que subraya la necesidad de abordar el problema desde una perspectiva que vaya más allá de la simple resistencia estructural.

La urgencia del caso radica en que la combinación de vulnerabilidad estructural y social requiere un enfoque integral. Es en este contexto de riesgo y vulnerabilidad multifactorial donde el concepto de resiliencia urbana adquiere una relevancia crucial. A diferencia de un enfoque centrado únicamente en la infraestructura sismo-resistente, el cual nos orienta a un escenario de vulnerabilidad acumulativa que requiere atención urgente.

Los hallazgos de esta investigación se alinean directamente con el Objetivo 11 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que busca “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” (ONU, 2015). En particular, aporta evidencia empírica sobre uno de los componentes menos tangibles, pero más críticos de la resiliencia urbana: la conciencia y preparación de la población. Los resultados pueden informar estrategias educativas, campañas de comunicación y programas de participación ciudadana diseñados para mantener vigente la memoria del riesgo en periodos inter-sísmicos prolongados.

Resiliencia urbana y conciencia sísmica

La resiliencia urbana, una disciplina emergente en la planificación y los estudios urbanos, tiene sus raíces en la ecología. El concepto fue originalmente propuesto por el ecólogo canadiense Crawford Stanley Holling en 1973. En su influyente artículo, Holling desarrolló la idea de la resiliencia ecológica, que con el tiempo se adaptaría a diversos campos de estudio. Esta perspectiva inicial sirvió como base para la evolución de la teoría de sistemas y, más tarde, se aplicó directamente a los contextos urbanos, dando forma a la forma en que hoy se abordan la planificación de desastres y la gestión de riesgos (Godschalk, 2003).

El trabajo de David Godschalk (2003) se destaca por su papel pionero en la transición del concepto de resiliencia ecológica a los estudios sociales y urbanos. Godschalk conceptualizó la resiliencia urbana como la integración de sistemas de infraestructura y comunidades sociales que tienen la capacidad de absorber, resistir y recuperarse de los desastres naturales. Su perspectiva subraya que la verdadera resiliencia va más allá de la robustez física de los edificios; requiere una dimensión social que incluye la preparación comunitaria y la cohesión. Para ello, propuso la implementación de políticas de mitigación de riesgos proactivas y una colaboración intersectorial sostenida.

La resiliencia urbana trasciende más allá de la infraestructura física robusta; su núcleo reside en el fortalecimiento de la estructura social y la superestructura. Este enfoque busca fomentar una sociedad capaz

de afrontar y adaptarse a los desastres; el objetivo es crear una cultura de prevención que se arraigue en todos los niveles. Desde la cohesión en las familias y comunidades hasta la coordinación en los organismos gubernamentales, es indispensable que se promueva la participación ciudadana, se fortalezcan los lazos comunitarios y se impulse la educación sobre riesgos. La meta es asegurar que la respuesta ante emergencias sea integral y eficiente, basándose en la colaboración entre los distintos actores sociales.

Para afrontar el impacto de los sismos, el concepto de resiliencia urbana ha sido definida como la capacidad de un sistema urbano para absorber y recuperarse de las perturbaciones, en este sentido es importante resaltar, que la resiliencia no es un atributo innato, sino el resultado de la integración de políticas e iniciativas sociales. Conforme a la visión de Klein, Nicholls y Thomalla (2003), la resiliencia a largo plazo depende de una combinación estratégica de normas urbanas eficaces y la formación de una conciencia sísmica que habilite a los ciudadanos a una respuesta proactiva. Este enfoque demuestra que la preparación de la sociedad es tan crítica como la fortaleza de sus infraestructuras.

En esta orden de ideas, la resiliencia urbana incorpora estrategias que fortalecen el tejido social y promueven cambios sociales y estructurales, promoviendo la participación comunitaria y asegurando que las intervenciones urbanas respondan a las necesidades reales de la población afectada (Morreta, 2019). Estas acciones políticas como sociales se vuelven una memoria a lo que podemos denominar conciencia sísmica.

La conciencia sísmica puede definirse como el conjunto de conocimientos, percepciones y comportamientos que permiten a individuos y comunidades comprender el riesgo sísmico y actuar en consecuencia (Dehays, 2002). Esta conciencia opera en múltiples niveles: desde el conocimiento técnico sobre medidas de autoprotección hasta la comprensión colectiva de la vulnerabilidad local y la participación activa en actividades preventivas. Estudios como los de Morreta (2019) demuestran que la conciencia sísmica tiende a incrementarse inmediatamente después de eventos destructivos, pero decae progresivamente con el tiempo en ausencia de nuevos episodios, un fenómeno conocido como “curva del olvido” que resulta particularmente relevante para el caso del AMG.

La formación y mantenimiento de la conciencia sísmica dependen de múltiples factores interrelacionados. Por un lado, el sistema educativo juega un papel fundamental al incorporar contenidos sobre riesgos naturales desde niveles básicos hasta la educación superior. Por otro lado, los medios de comunicación masiva pueden contribuir significativamente a mantener el tema presente en la agenda pública. Las políticas de gestión del riesgo, cuando son consistentes y bien articuladas, generan confianza en la población y fomentan la participación ciudadana. Finalmente, la memoria histórica y la transmisión intergeneracional de experiencias completan este ecosistema de conciencia sísmica (Kheirizadeh et al., 2020). La debilidad en cualquiera de estos componentes puede generar brechas significativas en la preparación colectiva.

El fenómeno de pérdida progresiva de conciencia sísmica representa uno de los desafíos más complejos para la gestión del riesgo en regiones con periodos inter-sísmicos prolongados. Esta pérdida se manifiesta en múltiples dimensiones: disminución de la participación en simulacros, relajamiento en el cumplimiento de normativas de construcción, reducción de presupuestos para mantenimiento preventivo de infraestructura crítica y, —especialmente preocupante—, falta de transmisión del conocimiento sobre riesgos a las nuevas generaciones (Sidle et al., 2017).

2. Metodología

En el contexto del AMG, donde la última experiencia sísmica significativa para la mayoría de la población ocurrió hace más de 30 años, este proceso de erosión de la conciencia colectiva resulta particularmente pertinente de analizar por medio de la percepción sísmica. La conciencia sísmica del AMG depende de múltiples factores interrelacionados: la solidez de la infraestructura física, la efectividad de los sistemas de respuesta ante emergencias, la coordinación institucional, y —crucialmente— el nivel de preparación y reacción de la población. Méndez (2012) enfatiza que la verdadera resiliencia no se limita a la resistencia pasiva, sino que implica procesos activos de aprendizaje y adaptación que permitan a las ciudades transformarse positivamente ante las adversidades.

La elección de la población universitaria del Centro Universitario de Tlajomulco como objeto de estudio se fundamenta en múltiples razones

estratégicas. En primer lugar, la investigación tiene un carácter exploratorio, por lo que trabajar con una población accesible y cooperativa es fundamental para el desarrollo y validación de la metodología. Los estudiantes universitarios se mostraron dispuestos a participar en las encuestas, lo que optimizó el uso de tiempo y recursos para la recopilación de datos. Además del valor pragmático, la selección de este grupo poblacional se justifica por su rol clave en la sociedad. Los estudiantes universitarios representan a la generación que, en las próximas décadas, tomará decisiones críticas en los ámbitos profesional, político y social, influyendo directamente en la planificación urbana y la gestión de riesgos.

En segundo lugar, las universidades, como centros de conocimiento por excelencia, tienen la capacidad de generar y difundir información. Al estudiar a esta población, con su acceso privilegiado a recursos educativos, su nivel de conciencia sísmica puede considerarse un indicador avanzado del estado general de la preparación social (Prozorov y Sabina, 1984). La movilidad característica de esta población, que se desplaza entre los municipios del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), los convierte en actores clave para la diseminación de una cultura de prevención sísmica en sus comunidades, hogares y futuros lugares de trabajo.

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo apoyado en la técnica de lógica difusa (Zadeh, 1965) para capturar y modelar la subjetividad inherente a las percepciones sobre riesgo sísmico y sobre ello crear un modelo de conciencia sísmica. A diferencia de los métodos tradicionales que suelen operar con categorías binarias (cierto/falso; si/no), la lógica difusa permite trabajar con grados intermedios de pertenencia a conjuntos conceptuales, reflejando mejor la complejidad de las actitudes humanas frente al riesgo (Kaufmann y Gupta, 1991). Ruvalcaba-Co-yaso y Vermonden (2015) lo describen como una lógica multivaluada que permite manejar el razonamiento aproximado de los participantes. Este enfoque resulta particularmente adecuado para estudiar fenómenos como la conciencia sísmica, donde las respuestas rara vez son absolutas o binarias y frecuentemente contienen matices difíciles de capturar con instrumentos convencionales.

El presente estudio busca: (1) evaluar el estado actual de la conciencia sísmica entre estudiantes del CUTlajomulco; (2) identificar ámbitos clave

que contribuyen a su fortalecimiento o deterioro de la conciencia sísmica, y (3) proponer un índice de conciencia sísmica basado en lógica difusa que pueda ser aplicado en otros contextos urbanos. Las contribuciones esperadas incluyen no solo avances en el conocimiento académico sobre percepción del riesgo, sino también herramientas concretas para el diseño de políticas públicas más efectivas en materia de prevención sísmica.

La recopilación de datos se llevó a cabo mediante una encuesta digital, diseñada para capturar la percepción de los estudiantes sobre el riesgo sísmico. El cuestionario se implementó a través de la plataforma Google Forms y se dirigió a la comunidad estudiantil del Centro Universitario de Tlajomulco. Para garantizar la representatividad de la muestra, se utilizó un muestreo aleatorio simple. El enlace de la encuesta fue enviado a todos los estudiantes activos a través de sus correos electrónicos institucionales, asegurando que cada uno tuviera la misma probabilidad de ser seleccionado para el estudio. Este método permitió obtener respuestas de estudiantes de todos los grados y carreras del campus, resultando en una muestra final de 116 encuestas.

Figura 3

Ejemplo del formulario utilizado para la recolección de la información primaria

I. PERCEPCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO						
1. ¿Qué tan frecuente considera que ha experimentado un sismo en los siguientes ámbitos?						
	No sé	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Hogar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Escuela	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Trabajo	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Lugares de esparcimiento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Trayectos	☐	☐	☐	☐	☐	☐

II. CULTURA SÍSMICA						
1. En los siguientes ámbitos. ¿Qué tan informado considera estar sobre las medidas preventivas que debe tomar ante un sismo?						
	No sé	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Hogar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Escuela	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Trabajo	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Lugares de esparcimiento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Trayectos	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Fuente: Elaboración propia con Google Forms

El instrumento de medición fue diseñado para capturar los diferentes ámbitos de la conciencia sísmica en la vida cotidiana de los estudiantes, organizándose en seis ejes temáticos fundamentales. El primer eje evaluó la percepción del riesgo sísmico en distintos ámbitos de la vida cotidiana de los estudiantes. El segundo eje analizó la cultura sísmica a través de

indicadores como la participación en simulacros y el conocimiento de protocolos básicos de seguridad. El tercer eje examinó aspectos relacionados con la educación preventiva, indagando sobre el acceso a talleres y materiales informativos.

El cuarto eje exploró el conocimiento y valoración de las políticas institucionales de gestión de riesgos. El quinto eje se centró en las percepciones sobre la regulación de construcción sismorresistente. Finalmente, el sexto eje evaluó la efectividad percibida de las campañas de difusión y comunicación sobre riesgo sísmico. Cada uno de estos ejes fue operacionalizado mediante preguntas específicas que utilizaron una escala de seis niveles (No sé, Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto), permitiendo capturar los matices en las percepciones de los participantes (Tabla 1).

Tabla 1

Descripción de los ámbitos de la vida cotidiana.

Ámbitos de la vida cotidiana	Descripción
Hogar	Donde las personas pasan la mayor parte de su tiempo.
Escuela	Donde estudiantes y profesores interactúan diariamente.
Trabajo	Donde los empleados y empleadores desarrollan sus actividades laborales.
Lugares de esparcimiento	Áreas recreativas y de ocio.
Trayectos	Desplazamientos entre los diferentes ámbitos (transporte público, calles, etc.).

Fuente: Elaboración propia

En cada pregunta, los encuestados evaluaron su percepción o conocimiento en los cinco ámbitos específicos de su vida cotidiana; esta segmentación por ámbitos permitió obtener una visión detallada y contextualizada de la percepción y preparación sísmica en cada uno de estos espacios. Por ejemplo, un encuestado puede sentirse muy seguro en su hogar, pero percibir un alto riesgo en su lugar de trabajo o durante sus trayectos.

Cada encuesta incluía una introducción clara sobre los objetivos del estudio, las consideraciones éticas y las instrucciones para responder, lo que contribuyó a obtener respuestas consistentes y de calidad. La plataforma Google Forms permitió además el monitoreo en tiempo real

del proceso de recolección y la exportación de datos en archivos de procesamiento de información como Excel para su posterior análisis.

Para lograrlo, las respuestas cualitativas de la encuesta se transformaron en un conjunto de datos numéricos. Cada una de las seis opciones de respuesta fue codificada en una escala de puntuación que va de 0 a 1, donde 0 representa un conocimiento nulo y 1 un conocimiento total. La asignación de estos valores se realizó de la siguiente manera:

Tabla 2

Evaluación de los niveles de conciencia

Escala de respuestas cualitativas	Escala de respuestas numérica
No se	0.0
Muy Bajo	0.2
Bajo	0.4
Medio	0.6
Alto	0.8
Muy alto	1.0

Fuente: Elaboración propia

Esta codificación numérica permitió procesar las respuestas y construir gráficas de araña que visualizan la gradualidad de las percepciones reportadas por los participantes. De esta forma, se superaron las limitaciones de los enfoques rígidos y capturamos con mayor precisión los matices del fenómeno en estudio, ofreciendo un marco analítico más flexible y sensible a las complejidades del fenómeno en estudio con la evaluación de seis ejes temáticos y cinco ámbitos de la vida cotidiana.

3. Resultados

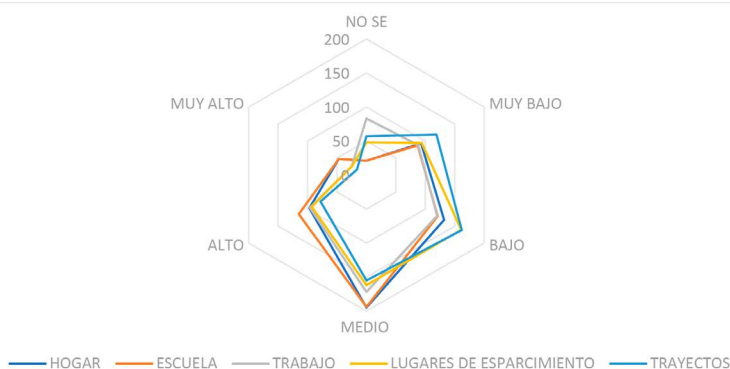
Eje 1: Percepción del riesgo sísmico

El análisis de los resultados correspondientes al primer eje temático centrado en la percepción del riesgo sísmico revela patrones significativos en las respuestas de los participantes universitarios. Los datos

obtenidos a través de las cinco preguntas planteadas en este eje muestran una distribución que concentra la mayoría de las respuestas en el nivel medio, con una ponderación de 0.49, lo que sugiere que los estudiantes universitarios encuestados presentan una conciencia sísmica “baja” en cuanto a su percepción de riesgo. Sin embargo, se observa también una proporción considerable de respuestas que se ubican en los niveles “muy bajo”, indicando que existe un segmento importante de la población estudiantil con una percepción limitada del riesgo sísmico en sus distintos ámbitos de vida.

Figura 4

Eje uno: Percepción del riesgo sísmico



Fuente: Elaboración propia

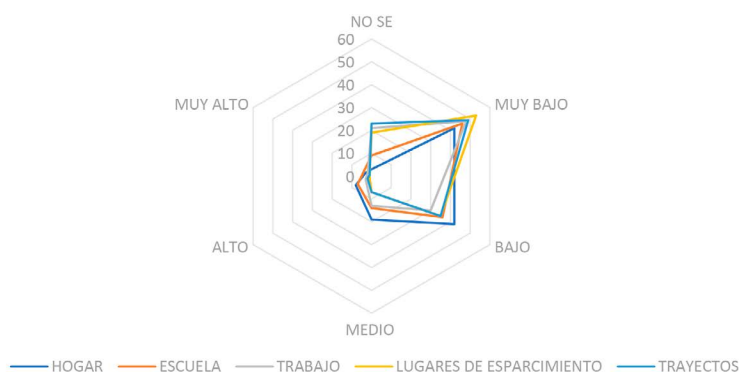
El gráfico anterior muestra cómo las categorías “medio” y “alto” dominan en el ámbito escolar, con alturas de barra significativamente mayores que las otras categorías. Las barras correspondientes a “bajo” y “alto” presentan alturas similares entre sí, pero notablemente menores que la categoría media. Es particularmente interesante observar cómo las categorías extremas “muy alto” y “muy bajo” son las menos representadas, lo que sugiere que las percepciones más radicales son minoritarias en esta población.

Al analizar específicamente cada una de las preguntas que componen este eje, se identifican matices importantes. En cuanto a la frecuencia percibida de experimentar sismos, los resultados muestran que los es-

tudiantes tienden a considerar que han experimentado de manera muy baja un sismo en todos los ámbitos de la vida cotidiana, lo que significa que en muy pocas ocasiones de su vida han sentido un sismo (Figura 5).

Figura 5

Respuestas a la pregunta 1. ¿Qué tan frecuente considera que ha experimentado un sismo en los siguientes ámbitos?



Fuente: Elaboración propia

La distribución de respuestas se inclina hacia el nivel “muy bajo” con una ponderación de 0.31. Esta escala confirma la ausencia prolongada de sismos en la región y este análisis sugiere que una proporción significativa de la comunidad universitaria no ha experimentado un sismo y su reacción cuando suceda es incierta, a pesar de tener conocimientos preventivos para responder efectivamente ante un evento sísmico. Este grupo con baja percepción de riesgo podría ser particularmente vulnerable en situaciones de emergencia, ya que probablemente subestima tanto la probabilidad como las potenciales consecuencias de un sismo.

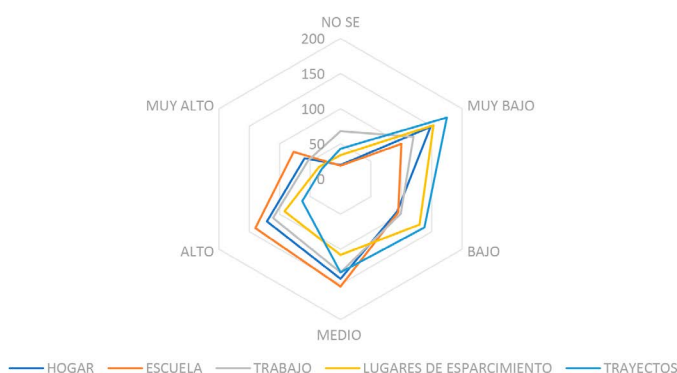
Eje Dos: Cultura sísmica

El análisis de los resultados correspondientes al segundo eje temático, centrado en la cultura sísmica, da una evaluación de 0.49, pero revela patrones diferenciados en las percepciones y comportamientos de los estudiantes universitarios. A diferencia del primer eje sobre percepción

de riesgo, donde predominaban valoraciones intermedias, en este caso se observa una mayor variabilidad en las respuestas, con distribuciones que van desde un nivel “muy bajo” hasta un nivel “alto” según el ámbito específico evaluado. Esta dispersión sugiere que la cultura sísmica no es homogénea, sino que presenta notables diferencias según el ámbito de la vida en el que se desenvuelven los estudiantes (Figura 6).

Figura 6

Eje dos: Cultura sísmica



Fuente: Elaboración propia

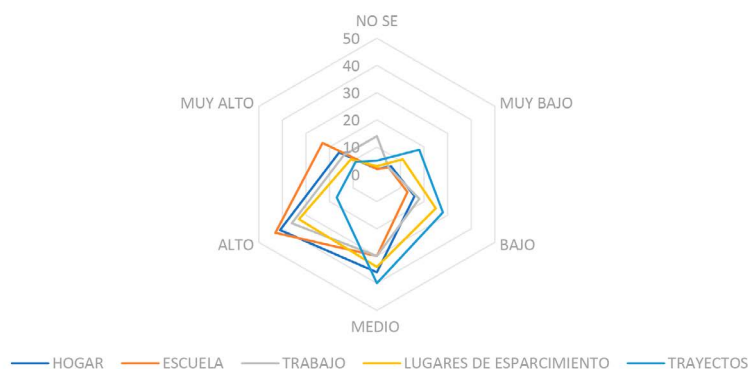
En los ámbitos hogar, escuela y trabajo, las respuestas muestran una tendencia hacia los niveles “alto” y “muy alto”. Particularmente destacable es el caso del ámbito escuela, donde cerca del 37 % de los encuestados se considera bien informado sobre las medidas preventivas ante sismos (“alto” y “muy alto”). Esta cifra desciende ligeramente para el ámbito hogar (31 %) y laboral (28 %), pero mantiene una proporción significativa en la categoría “alto”.

En contraste, los lugares de esparcimiento y los trayectos presentan resultados considerablemente menos alentadores. En estos ámbitos, las respuestas se concentran predominantemente en las categorías medio, bajo y muy bajo. Por ejemplo, solo el 16 % de los encuestados declaró sentirse muy informado (“muy alto”) sobre medidas preventivas para trayectos y lugares de esparcimiento.

Un claro ejemplo de las diferencias en la cultura sísmica según los distintos ámbitos de vida se observa al analizar las respuestas a la pregunta sobre qué tan informados se consideran los participantes respecto a las medidas preventivas ante sismos. Los resultados muestran un patrón marcadamente diferenciado que revela cómo el contexto influye en la percepción de preparación ante estos eventos (Figura 7)

Figura 7.

Respuestas a la pregunta: ¿Qué tan informado considera estar sobre las medidas preventivas que debe tomar ante un sismo?



Fuente: Elaboración propia

En el ámbito escolar, las respuestas presentan una notable concentración en los niveles “alto” y “muy alto”. Esta distribución refleja el impacto positivo de las políticas institucionales de prevención, donde la implementación regular de simulacros, la capacitación continua y la presencia de señalización adecuada están generando una mayor percepción de preparación entre los estudiantes. El ambiente educativo parece estar cumpliendo efectivamente su rol como espacio de formación no solo académica, sino también en cultura de prevención.

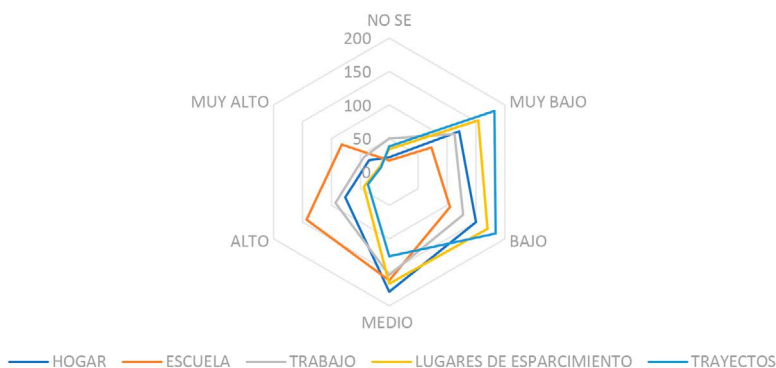
La situación se vuelve más crítica al analizar los resultados para los lugares de esparcimiento y trayectos. En estos ámbitos, las respuestas muestran una clara tendencia hacia los niveles “medio”, “bajo” y “muy bajo”, con una marcada disminución en las categorías altas. Esta distribución revela una importante brecha en la cultura preventiva cuando se

trata de espacios públicos y de movilidad. La falta de información clara, la ausencia de señalización adecuada y la escasa promoción de protocolos de acción en estos contextos parecen ser factores determinantes en esta percepción de desprotección.

Eje tres: Educación para la prevención

Los resultados del tercer eje, correspondiente al criterio educación preventiva, tienen una evaluación de 0.47, es decir, una conciencia baja. Los datos revelan, por una parte, cierta homogeneidad en los ámbitos del hogar, el trabajo, los lugares de esparcimiento y los trayectos; las respuestas predominan en los niveles “muy bajo”, “bajo” y “medio”. Por ejemplo, menos del 24 % de los encuestados considera haber recibido información adecuada sobre cómo actuar ante sismos en sus trabajos o hogares, mientras que en espacios públicos y trayectos este porcentaje desciende aún más.

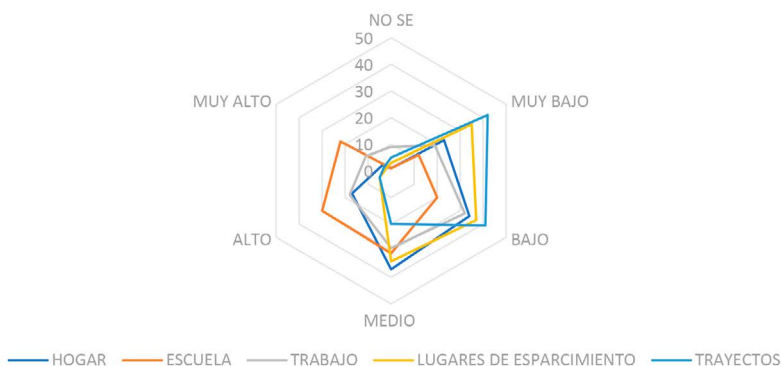
En contraste con el ámbito escolar, las respuestas muestran una clara concentración en los niveles “alto” y “muy alto” en todas las preguntas evaluadas con un 40 %. Esto indica que la escuela se posiciona como el principal espacio de formación en prevención, donde los estudiantes reconocen haber recibido capacitación específica, acceden a materiales educativos efectivos y perciben un compromiso activo por parte de las autoridades educativas. Este patrón refleja el éxito de los programas institucionales, como simulacros periódicos y talleres, que han logrado integrar la cultura sísmica en la institución (Figura 8).

Figura 8*Eje tres: Educación para la prevención**Fuente: Elaboración propia*

Esta brecha sugiere que la educación preventiva sigue siendo percibida como una responsabilidad exclusiva de las instituciones educativas, sin extenderse a otros contextos cotidianos donde el riesgo sísmico es igualmente de relevante (Figura 9).

Figura 9

Respuestas a la pregunta: ¿En qué medida ha recibido información o capacitación específica sobre cómo actuar antes, durante y después de un sismo en cada uno de los siguientes ámbitos?

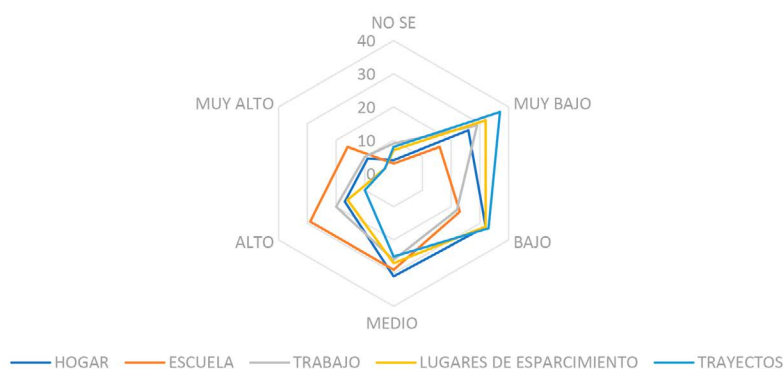
*Fuente: Elaboración propia*

La accesibilidad y efectividad de los materiales educativos también varían drásticamente. Mientras en la escuela los folletos, videos y charlas son evaluados como útiles y fáciles de consultar, el 40 % de los encuestados califica como “alto” y “muy alto” la accesibilidad de la información, en otros ámbitos estos recursos son escasos o de calidad cuestionable. Solo el 25 % de los participantes calificó como alto el nivel de apoyo educativo recibido por parte de autoridades en sus trabajos o vecindarios, y en lugares de esparcimiento esta cifra es aún menor con 11 %. Esto evidencia una falta de coordinación entre las políticas públicas y la implementación práctica de programas de prevención en espacios no académicos.

El involucramiento de líderes y funcionarios muestra un patrón similar. En la escuela, los maestros y directivos son percibidos como actores comprometidos con la prevención con un 40 % de los participantes, pero esta percepción se diluye en otros ámbitos. Menos del 24 % de los encuestados considera que los responsables de sus lugares de trabajo o los líderes comunitarios promueven activamente la preparación ante sismos. Esta desconexión refleja una carencia de figuras que lideren la cultura preventiva fuera del entorno educativo, lo que limita la adopción de medidas de protección en otros espacios clave (Figura 10).

Figura 10

Respuesta a la pregunta: ¿Qué tan involucrados considera que están los líderes, funcionarios o maestros en actividades relacionadas con la prevención sísmica en los siguientes ámbitos?



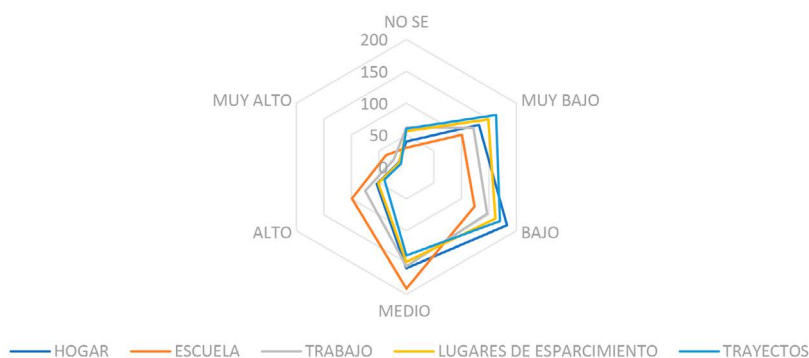
Fuente: Elaboración propia

Eje cuatro: Políticas de gestión de riesgo sísmico y resiliencia urbana

Los resultados del cuarto eje, centrado en la percepción sobre las políticas públicas de gestión del riesgo sísmico, recibieron una calificación de 0.47 con un nivel de conciencia bajo. Los datos revelan una crítica generalizada hacia la acción gubernamental y la coordinación institucional. En la mayoría de los ámbitos evaluados: hogar, trabajo, lugares de esparcimiento y trayectos, las respuestas se concentran en los niveles “bajo” y “muy bajo”, lo que refleja una percepción de desarticulación entre las autoridades y la ciudadanía. Menos del 14 % de los encuestados considera visibles las acciones del gobierno local para gestionar el riesgo sísmico, y apenas un 13 % califica como efectiva la coordinación entre autoridades y comunidad. Esta tendencia sugiere una brecha significativa en la implementación de políticas públicas, donde los esfuerzos institucionales parecen no traducirse en acciones tangibles para la población (Figura 11).

Figura 11

Eje cuatro: Políticas de gestión de riesgo sísmico y resiliencia urbana



Fuente: Elaboración propia

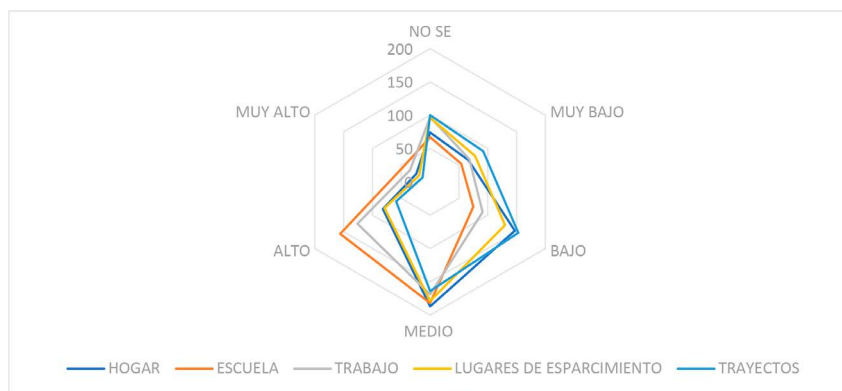
El ámbito escolar, una vez más, emerge como la excepción. Aquí, las valoraciones alcanzan un nivel “medio”, indicando que las políticas dirigidas a instituciones educativas, como protocolos de evacuación o simulacros

obligatorios, tienen mayor reconocimiento. Sin embargo, incluso en este caso, la percepción dista de ser óptima, lo que apunta a oportunidades de mejora en la comunicación y ejecución de estas medidas. Fuera del entorno escolar, la falta de planes específicos para reducir el impacto de sismos es particularmente alarmante: el 50 % de los participantes los calificó como inadecuados en sus lugares de esparcimiento y espacios públicos, evidenciando una vulnerabilidad sistémica.

La eficiencia de los programas gubernamentales para aumentar el conocimiento sobre riesgos sísmicos también fue cuestionada. Menos del 13 % de los encuestados percibe estos programas como eficientes en cualquier ámbito, excepto en la escuela. Visto de otra manera, el 54 % percibe en una escala de “bajo” y “muy bajo” la escala de eficiencia de los programas gubernamentales.

Eje cinco: Políticas de regulación de construcción

Los resultados del quinto eje, enfocado en la percepción sobre las normativas de construcción sismo-resistentes, su calificación fue de 0.47. Examinando los resultados por ámbitos, los datos presentan un panorama heterogéneo donde predominan valoraciones intermedias, aunque con importantes variaciones según el ámbito analizado. La mayoría de los estudiantes encuestados calificaron con un nivel medio el cumplimiento de las normativas vigentes, lo que sugiere una percepción generalizada de que existen regulaciones moderadas, pero con una aplicación irregular. Este patrón se repite al evaluar la seguridad estructural de los edificios, donde el 62 % de las respuestas se ubicaron en la categoría “media”, “baja” y “muy baja”, indicando que los participantes reconocen ciertos estándares de construcción, pero mantienen reservas sobre su efectividad real ante eventos sísmicos.

Figura 12*Eje cinco: Políticas de regulación de construcción**Fuente: Elaboración propia*

Al analizar por separado cada ámbito, se observan diferencias significativas. El entorno escolar nuevamente destaca positivamente, con un mayor porcentaje de respuestas en el nivel alto, en cuanto al cumplimiento normativo y seguridad estructural. Esto probablemente refleja la supervisión más estricta que reciben las construcciones de uso educativo y la mayor visibilidad de sus características antisísmicas. Por el contrario, en los lugares de esparcimiento y trayectos predominan las valoraciones bajas, especialmente en lo que respecta a la supervisión de obras y actualización de normativas, donde más del 42 % de los encuestados optó por las categorías “bajo” y “muy bajo”.

Un aspecto preocupante que surge de los datos es la percepción sobre la fiscalización de las normas. En todos los ámbitos, excepto el escolar, más del 36 % de los participantes considera que la supervisión de las construcciones es insuficiente. Esta cifra alcanza su punto más crítico en el ámbito de los lugares de trayecto, donde el 46 % calificó como “baja” o “muy baja” la inspección de normas. Esta percepción de falta de control podría explicar por qué, a pesar de reconocer la existencia de regulaciones, los estudiantes mantienen dudas sobre su efectiva implementación en la práctica.

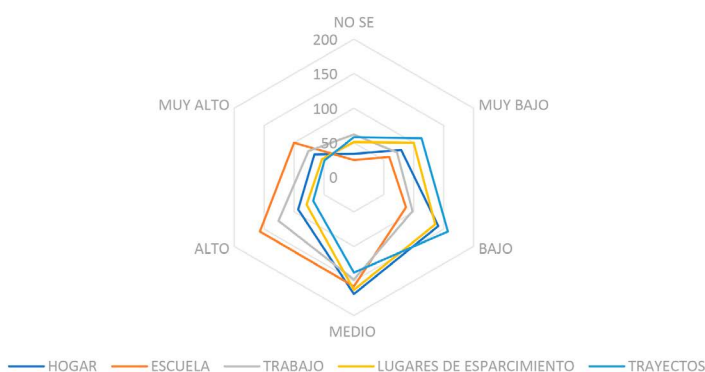
Respecto a la actualización de las normativas, los resultados muestran una división interesante: mientras que alrededor del 22 % considera que

están suficientemente actualizadas, un 30 % opina lo contrario, mientras que 30 % se ubica en una posición intermedia. Esta dispersión podría reflejar tanto un desconocimiento sobre los contenidos específicos de las regulaciones como diferencias reales en la aplicación de normas según el tipo de construcción y su antigüedad.

Eje seis: Políticas de regulación de construcción

Los resultados del sexto eje, centrado en la percepción sobre las políticas de difusión y educación sísmica presenta la mejor calificación de los seis ejes con un 0.53, lo que corresponde a una conciencia “media”. Ya analizado desde los diferentes ámbitos, la información presenta un panorama desigual que refleja claras disparidades en la efectividad de las estrategias preventivas según los distintos ámbitos de la vida urbana. En términos generales, las respuestas muestran una tendencia hacia valoraciones intermedias, lo que sugiere que los estudiantes reconocen la existencia de esfuerzos institucionales en materia de educación sísmica, pero consideran que estos son insuficientes o requieren mejoras significativas.

Figura 13.
Eje seis: Políticas de regulación de construcción



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, al analizar los datos por separado para cada ámbito, emergen dos polos claramente diferenciados que merecen especial atención. El ámbito escolar destaca notablemente como el espacio donde las políticas de difusión y educación sísmica son percibidas como más efectivas. Más del 54 % de los encuestados calificó como “alto” o “muy alto” la efectividad de la información recibida, la accesibilidad de las campañas y la inclusión de simulacros prácticos. Estos resultados positivos reflejan el impacto de los programas educativos formales y la implementación sistemática de protocolos de seguridad en la institución, donde los simulacros periódicos y la capacitación continua parecen estar generando una cultura de prevención más sólida entre los estudiantes.

En marcado contraste, el ámbito de los trayectos presenta los indicadores más preocupantes, con más del 46 % de las respuestas ubicadas en los niveles “bajo” y “muy bajo” en todas las dimensiones evaluadas. Los participantes manifestaron una clara insatisfacción con la información disponible sobre cómo actuar ante sismos durante sus desplazamientos cotidianos, así como con la accesibilidad de campañas específicas para este contexto. Esta brecha es particularmente alarmante si consideramos que los trayectos representan momentos de especial vulnerabilidad durante un evento sísmico, cuando las personas se encuentran en movimiento y fuera de entornos conocidos o controlados.

4. Discusión

Los resultados de esta investigación revelan una realidad preocupante sobre el estado de la conciencia sísmica entre los estudiantes universitarios del Centro Universitario de Tlajomulco. Los primeros 5 ejes evaluados no alcanzaron un valor de 0.5, lo que indica que la percepción del riesgo y la preparación general de la población estudiantil se sitúan por debajo del umbral de una conciencia sísmica media.

Específicamente, los resultados de los ejes Percepción del Riesgo Sísmico, Cultura Sísmica, Educación para la Prevención, Políticas de Gestión de Riesgos y Políticas de Construcción muestran un desempeño deficiente, con valores inferiores al 0.5. Esto sugiere que, a pesar de vivir en una zona con amenaza sísmica latente, la mayoría de los encuestados

subestiman el riesgo y/o perciben una falta de información y políticas públicas efectivas fuera del entorno escolar.

La única excepción fue el eje seis: Políticas de Difusión y Educación Sísmica, que superó el umbral de 0.5, alcanzando una conciencia media. Este resultado, aunque positivo, se concentra de forma notable dentro del ámbito escolar, lo que resalta la brecha entre la preparación que se percibe dentro de la universidad y la que se percibe en otros ámbitos de la vida cotidiana. Ninguno de los ejes evaluados, en ningún ámbito, alcanzó valores superiores a 0.6, lo que indica la ausencia de una conciencia sísmica considerada alta o muy alta en la población estudiantil.

De forma más específica, evaluando los diferentes ámbitos, los hallazgos de este estudio revelan una conciencia sísmica fragmentada entre los estudiantes del Centro Universitario, marcada por contrastes entre el ámbito escolar y el resto de los ámbitos de la vida cotidiana. La percepción con niveles altos de conciencia sísmica en instituciones educativas confirma que los programas institucionales de prevención, como simulacros y capacitaciones, están generando impacto positivo.

Sin embargo, esta percepción no se extiende a otros ámbitos como trayectos y espacios públicos, donde más del 50 % de las respuestas indican bajo conocimiento o percepción de seguridad. Esta disparidad sugiere que las estrategias actuales en las instalaciones universitarias se encuentran con una buena conciencia sísmica; no obstante, en espacios públicos se aprecia una baja conciencia, lo que sugiere una necesidad de adaptar mensajes preventivos a la diversidad de escenarios urbanos.

Un hallazgo crítico que se encontró en esta población de estudio es la desconfianza generalizada hacia las políticas públicas de gestión del riesgo y resiliencia urbana. Solo el 14 % de los participantes percibe coordinación alta y muy alta entre autoridades y ciudadanía, mientras que el 50 % considera baja y muy baja las políticas de gestión de riesgo y resiliencia urbana. Este caso podría servir de ejemplo para examinar la percepción de todos los habitantes DE AMG. La brecha entre educación sísmica formal y no formal es otro desafío central que se identificó con los resultados. 41 % de los estudiantes valoran con una escala de alto y muy alto la información o capacitación sobre cómo actuar ante un sismo recibida en la universidad. Caso contrario, los estudiantes revelaron que

la información recibida para lugares de esparcimiento o trayectos es limitada el 45 % la califica como bajo y muy bajo. Esto evidencia que la accesibilidad de las campañas de difusión está fallando en articularse con la vida cotidiana de la población.

Finalmente, los resultados apuntan hacia la urgencia de una política multisectorial, no solamente en el ámbito escolar, sino también en otros espacios de la vida cotidiana. La escuela se destaca como un espacio clave en la formación de conciencia sísmica. Sin embargo, esta preparación contrasta con la observada en otros espacios cotidianos, como lugares de esparcimiento, trabajos y trayectos. En este sentido, es fundamental que las políticas públicas impulsen la implementación de programas de información y simulacros en estos entornos, buscando alcanzar un nivel de conciencia y preparación similar al observado en el ámbito de la universidad.

5. Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación indican que la conciencia sísmica entre los estudiantes del Centro Universitario de Tlajomulco es, en términos generales, baja. La evaluación, realizada a través de un índice de lógica difusa, reveló que los resultados se sitúan por debajo del umbral de una conciencia media. Esto confirma la existencia de una “curva del olvido” en una región con un largo periodo intersísmico.

El uso de la lógica difusa fue fundamental para este análisis, ya que permitió superar las limitaciones de los métodos tradicionales. Al codificar las percepciones con grados de pertenencia de 0 a 1, pudimos capturar la complejidad y los matices de las actitudes humanas ante el riesgo. Esto nos permitió ser más precisos en la evaluación y determinar que, aunque la conciencia sísmica no es nula, está lejos de ser óptima, ya que ningún eje de evaluación alcanzó un nivel considerado “alto” o “muy alto”.

Un hallazgo a destacar de esta investigación confirma que el ámbito escolar se erige como un espacio de óptima conciencia sísmica, lo cual es atribuible a la implementación sistemática de programas de prevención y simulacros. Sin embargo, en contraste, los niveles de percepción de riesgo, cultura sísmica y educación preventiva son considerablemente

más bajos en espacios no formales como trayectos, lugares de esparcimiento y, en menor medida, el hogar y el trabajo. Esta fragmentación subraya la necesidad de trascender los enfoques de prevención centrados exclusivamente en entornos educativos, para abordar la vulnerabilidad en la vida cotidiana de la población.

Adicionalmente, una proporción significativa de los estudiantes encuestados manifestó una percepción de baja coordinación y eficiencia en las políticas públicas de gestión del riesgo y resiliencia urbana. Esta percepción se ve reflejada por una escasa inclusión de información sísmica en espacios de recreación y trayectos. Este hallazgo sugiere una brecha crítica en la gobernanza del riesgo que podría obstaculizar la apropiación social de las medidas preventivas y, consecuentemente, la construcción de una resiliencia urbana integral más allá de los espacios institucionales de educación.

A pesar de que el estudio es de naturaleza exploratoria, sus hallazgos tienen implicaciones significativas para la política pública. Los resultados sugieren que las estrategias de prevención deben ser reforzadas, especialmente en espacios no académicos, como hogares y lugares de trabajo, donde la percepción de preparación es particularmente baja.

Finalmente, este estudio reconoce sus deficiencias en el alcance de la muestra. La evaluación se limitó a la población universitaria y no puede extrapolarse a la sociedad en general. Por lo tanto, se sugiere como trabajo a futuro realizar un estudio más amplio que abarque a la población del Área Metropolitana de Guadalajara en su totalidad, para obtener una comprensión más completa del estado de la conciencia sísmica en la región.

6. Referencias

- Allier, E. (2018). Memorias imbricadas: terremotos en México, 1985 y 2017. *Revista Mexicana de Sociología*, 9-40.
- Bilham, R. (2010). *Lessons from the Haiti earthquake*. Nature, https://www.researchgate.net/publication/41466444_Lessons_from_the_Haiti_earthquake.
- Cutter, S., & Emrich, C. (2006). Moral Hazard, Social Catastrophe: The Changing Face of Vulnerability Along the Hurricane Coasts. *The*

- Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 102-112.
- Dehays, J. (2002). *Fenómenos naturales, concentración urbana y desastres en América Latina. Perfiles Latinoamericanos*, 177-206. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11502009>
- HABITAT, O. (2022). *World Cities Report 2022 Envisaging the Future of Cities*. ONU HABITAT. https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf
- Holling, C. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1-23.
- IIEG. (2020). Análisis General del Área Metropolitana de Guadalajara. Guadalajara: Gobierno de Jalisco.
- Kheirizadeh, M., Esmaeilpour, M., & Sarvar, H. (2020). Vulnerability assessment of cities to earthquake based on the catastrophe theory: a case study of Tabriz city, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 353-374.
- Llorente, M., & Macías, J. (2018). La necesidad y la oportunidad de estudiar el impacto económico de los tsunamis en las costas españolas. *Conсор Seguros*, 1-18.
- MÉNDEZ, R. (2012). Ciudades y metáforas: sobre el concepto de resiliencia urbana. *Ciudad y Territorio*, 215-229.
- Morreta, B. (2019). *Una mirada a la resiliencia urbana y social de la ciudad de Portoviejo post terremoto*. San Gregorio, 16-28.
- Okal, E., & Borrero, J. (2011). The 'tsunami earthquake' of 1932 June 22 in Manzanillo, Mexico: seismological study and tsunami simulations. *Geophysical Journal International*, 1143-1459. doi:doi: 10.1111/j.1365-246X.2011.05199.x
- ONU. (30 de abril de 2015). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Prozorov, A. G., & Sabina, F. J. (1984). Study of the properties of seismicity in the Mexico region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 273-541. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1984.tb05049.x>
- Ruvalcaba Coyaso, F., & Vermonden, A. (2015). Lógica difusa para la toma de decisiones y la selección de personal. *Revista Universidad y Empresa*, 239-256. doi:10.12804/rev.univ.empresa.29.2015.10

- Sidle, R., Gomi, T., Akasaka, M., & Koyanagi, K. (2017). *Ecosystem changes following the 2016 Kumamoto earthquakes in Japan: Future perspectives*. Royal Swedish Academy of Sciences , 721-734.
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 338-353.
- Zamudio Zavala, P., & Mayoral Ruiz, P. (2019). *Análisis Determinista del Peligro Sísmico para la Zona Metropolitana De Guadalajara (ZMG)*. XXII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica (pág. 23). Monterrey, Nuevo León: Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica.

Capítulo 1.3

Economía circular y sostenibilidad para la renovación e innovación de los PGIRS: Región de la sabana Norte. Municipios de (ASOCENTRO), Colombia

*Pinilla Moscoso Clara Inés¹
Puertas Pinilla Diana Stephanie²*

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20259662>



¹ Coordinadora investigaciones ambientales de la Reserva Natural Orquídeas del Tolima. Ibagué. Email consultoriaclarapinilla@gmail.com

² Investigadora Ciencias políticas, sociales y territoriales de la Universidad Javeriana. Email dpuertas@javeriana.edu.co

1. Introducción

La economía circular en Colombia está dentro de la Agenda 2030 enmarcada en el ODS 12: producción y consumo responsables. Dicha estrategia está acorde con los acuerdos y protocolos internacionales, como el Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París y la Coalición de Economía Circular de América Latina y el Caribe. Los municipios buscan trabajar diferentes acciones para el manejo de los residuos sólidos, en la fase de disposición final y que lleven la economía circular.

La economía circular se define en el informe de Ellen MacArthur (2013) como “un sistema industrial que, de manera intencionada y por su diseño, es restaurativo y regenerativo”, que busca la preservación del valor y la utilidad de productos, componentes y materiales durante el mayor periodo de tiempo posible, localizando la reutilización, la reparación y el reciclaje entre los ciclos técnicos y el compostaje y la regeneración natural dentro de los ciclos biológicos. En lo planteado se ilustra cómo la economía circular fomenta eliminar la contaminación y los residuos desde el diseño, mantener los flujos de materiales y de energía con el fin de regenerar los bienes y servicios ecosistémicos.

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, en el caso de Colombia, son normativas para los PGIRS, que definen el marco normativo, los objetivos, la adecuación, el seguimiento y la evaluación de la gestión de residuos, considerando aspectos tales como la caracterización en el municipio, los tipos y volúmenes de residuos, las capacidades de los prestadores de servicio, las actividades socioeconómicas, sin olvidar la formulación de programas de reciclaje y compostaje. Además, propone la incorporación de recicladores de oficio, quienes son actores significativos en la cadena de aprovechamiento.

Los PGIRS no solo buscan la disminución de residuos en su origen, la valorización y el uso de tecnologías adecuadas para la eliminación final, sino que también fomentan la colaboración entre administraciones locales,

empresas, comunidades y recicladores. Como señalan Ghisellini, Cialani y Ulgiati (2016), “la economía circular no se limita a un modelo ambiental, sino que representa un cambio en la cultura y la gobernanza”, lo que exige cooperación entre múltiples sectores y educación ambiental continua. El estudio sobre la gestión de residuos sólidos utilizó metodología con un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos. Esto ayudó a entender mejor el asunto al incluir percepciones y contextos, así como datos sobre volúmenes y relaciones estadísticas. Se recopiló información mediante documentos y análisis de estudios regionales.

Los resultados de la propuesta Economía circular como una estrategia de sostenibilidad, para la renovación e innovación de los PGIRS en los municipios de la Región de Sabana Norte, la cual implica aspectos normativos y términos de manejo de residuos sólidos para la actualización de PGIRS, opciones para articular la economía circular y la sostenibilidad en la gestión ambiental en el manejo de residuos sólidos, PGIRS a nivel local, elementos de gestión ambiental, plan alianza regional y municipal por la economía circular, soluciones socioambientales frente a la gestión ambiental de los residuos sólidos locales: PGIRS, la gestión ambiental sostenible, un camino para los PGIRS de tercera generación y retos de los municipios de la región de la Sabana de Bogotá, por la economía circular y la sostenibilidad 2035.

Se establece que la gestión de los desechos sólidos se integre y apropie los conceptos de sostenibilidad y de economía circular. Así es preciso establecer la necesidad de proponer la planificación de programas y proyectos que favorezcan el reciclaje, usos y consumos responsables. Es fundamental promover incentivos económicos tanto para empresas como para consumidores que adopten prácticas hacia la economía circular. Se concluye que la gestión de los residuos sólidos debe centrarse en la sostenibilidad e incentivar beneficios económicos para empresas y consumidores que elijan prácticas hacia la sostenibilidad.

1.1. Ubicación geográfica de los municipios de ASOCENTRO

La Asociación de Municipios ASOCENTRO se basa en el artículo 319 de la Carta Constitucional (1991), que facilita la unión de municipios con similitudes socioambientales. También se apoya en la Ordenanza 024 de 1990, que busca fomentar la solidaridad regional. ASOCENTRO se formó el 28 de noviembre de 1990 para unir esfuerzos en servicios públicos y desarrollo. La asociación es descentralizada y gestiona sus propios fondos, conectando a 11 municipios de la región de Sabana Centro, que son: Cajicá, Chía, Cogua, Cota, Gachancipá, Nemocón, Sopó, Tabio, Tenjo, Tocancipá y Zipaquirá (Contraloría de Cundinamarca 2016) (figura 1). Además, visionan aumentar su número de miembros y mejorar sus competencias. Comenzó con una cooperativa de materiales de construcción que devuelve el 60 % de los aportes. Ofrece contratos para construir caminos y solo el 60 % de sus ingresos son de aportes municipales, pero aún no logra impulsar el desarrollo regional en temas como sostenibilidad y turismo regional, así como la gestión integral de los residuos sólidos (ProBogotá. Fundación para el progreso de la Región Capital, 2018).

Las responsabilidades asignadas y establecidos los parámetros del PGIRS, se procede a construir el mapa conceptual de problemas ambientales, como lo indica el marco lógico, para identificar y analizar los problemas socioambientales, según las realidades locales. La metodología del marco lógico involucra a los actores clave en la identificación de problemas y objetivos, generando objetividad y consenso para la planificación y la implementación (CEPAL, 2005). La metodología mencionada se utilizó para elaborar el árbol de problemas socioambientales, involucra a diversos actores en la identificación de problemas y objetivos, logrando objetividad y consenso para la planificación e implementación, la cual considera los siguientes pasos: entidades del servicio público de aseo; producción de residuos sólidos; recolección y transporte; aseo de vías y áreas públicas; corte de césped y poda de árboles; limpieza de áreas públicas; aprovechamiento y disposición final; residuos de construcción y demolición; residuos en área rural y gestión del riesgo (Figura 1).

Figura 1*Escenario Territorial: Municipios de ASOCENTRO*

Fuente: Tomado de {Information|Description=Municipios integrantes de la Provincia de Sabana Centro|Source=self-made|Date=Marzo 06 del 2008|Author= Pozos|Permission=|other_versions= }

La gestión inapropiada de desechos sólidos ocasiona serios deterioros ecológicos, contaminación del suelo, agua y el aumento de fauna invasora que transmite enfermedades. En los vertederos, los recicladores recolectan desechos durante el día y la noche para reutilizar o reciclar. La concentración de residuos sólidos en las calles es riesgo y perjudica la salud ambiental y pública, debido al aumento de vectores (ratas, cucarachas y moscas), que son portadores de varias enfermedades.

1.2. Problemáticas socioambiental, compartidas por los municipios en el manejo de los Residuos sólidos en el nivel local

Los problemas socioambientales de gestión de residuos sólidos en los municipios se deben a la falta de implementación de los programas del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos por parte de la administración y la falta de promoción de una cultura y conciencia de la comunidad en el manejo domiciliario de residuos. Se requiere con urgencia actualizar los PGIRS municipales con técnicas y normativas actuales que

promuevan la educación y participación comunitaria. El Ministerio de Ambiente ha establecido políticas desde 1998 para la gestión integral de residuos sólidos, buscando minimizar, aprovechar, valorizar y tratar los residuos de manera controlada. Se han formulado guías y programas de asistencia técnica para ayudar a los municipios a formular sus planes de gestión integral de residuos sólidos y obtener recursos para abordar esta problemática de manera efectiva (MINVIVIENDA, 2015).

El manejo desarticulado, la disposición impropia de los residuos sólidos están causando problemas graves en los municipios. Las malas prácticas, la recolección ineficaz y la falta de herramientas adecuadas están contaminando fuentes de agua, bloqueando drenajes y causando inundaciones. Esto también está propagando enfermedades, especialmente problemas respiratorios, y afectando a los animales que ingieren desechos. Además, el incorrecto manejo de residuos daña el medio ambiente, provocando la sobreexplotación de recursos, deterioro de paisajes y contaminación del suelo, agua y aire. También aumenta el riesgo de incendios en verano y altera los ciclos de vida de diversas especies (Figura 2).

La gestión inadecuada de los residuos sólidos en un territorio tiene un impacto negativo sobre la salud humana (enfermedades respiratorias y digestivas, además de varias afecciones ambientales como el cólera, la malaria, el dengue y la leishmaniasis, la fiebre tifoidea, salmonelosis, la amebiasis, la giardiasis, la malaria y la fiebre amarilla, entre otras). También puede tener efectos nocivos sobre el entorno: influye negativamente en la estética de los municipios, en los paisajes naturales, en las especies que habitan en ellos y en el deterioro de los recursos naturales. La acumulación y el manejo inapropiado de residuos sólidos en los municipios de Sabana Centro afecta el saneamiento básico local.

1.3. Problemas de residuos sólidos en Chía y municipios de Sabana Centro

La inadecuada gestión de los residuos sólidos en el municipio de Chía y en los municipios de la Sabana Centro ofrece una serie de problemas ambientales interrelacionados, como la falta de infraestructura de re-

colección y de disposición final de residuos, residuos de las mascotas depositados en las vías sin control de autoridades, la escasa normatividad aplicada sobre residuos sólidos, la contaminación de suelo y agua, los problemas de salud pública y un impacto negativo del entorno visual y ecológico, que indican el déficit de gestión en la aplicación de políticas públicas sobre los residuos sólidos y su disposición final.

Variable de gestión pública. Las autoridades locales requieren fortalecer la aplicación de políticas locales y aprovechar la existencia de leyes que apoyan la gestión sostenible de desechos; al igual, urge la vinculación de la participación ciudadana y colaboración comunitaria en la separación de desechos, y la utilización de información y la adopción de prácticas sostenibles que contribuyan a la economía circular y sustentabilidad.

Por otro lado, se confirma que la inadecuada gestión de residuos en Chía y los municipios de la Sabana Centro-Asocentro es un asunto complejo con diversas causas y efectos. Enfrentar esta cuestión, que demanda un enfoque holístico que vincule a todos los actores sociales y políticos locales, con el fin de mejorar la infraestructura, elevar la conciencia ambiental y promover la participación comunitaria en el manejo racional de los residuos sólidos.

Las problemáticas socioambientales, generadas por el mal manejo de residuos sólidos, se manifiestan claramente en la contaminación del suelo, aire y agua. Las filtraciones de desechos, los riesgos para la salud, dado que los contaminantes ingresan al organismo humano a través de la cadena alimenticia, la reducción en calidad y cantidad de cosechas y el calentamiento global, provocado por la emisión de toneladas de CO₂ al año. Esto parte de variables que afectan la gestión de residuos, como el crecimiento demográfico; el incremento de la población genera más residuos, lo que demanda una mayor capacidad de manejo. También influyen el nivel socioeconómico y la carencia de recursos económicos, que pueden obstaculizar la ejecución de programas de gestión de desechos y la adquisición de los equipos necesarios.

Variable socioeconómica. Se destaca la infraestructura inadecuada; la ausencia de sistemas eficientes de recolección y transporte, así como la falta de plantas de tratamiento o reciclaje adecuadas, complican la gestión integral de los residuos. Además, la escasez de recursos y la au-

sencia de presupuesto y la falta de funcionarios y grupos comunitarios actualizados para desarrollar programas de gestión de residuos eficaces constituyen otro problema significativo.

Variable socioecológica, se examinan las cuestiones relacionadas con la acumulación de diversos desechos, que atraen plagas como moscas y ratas, incrementando el riesgo de enfermedades infecciosas. Este fenómeno genera un efecto ambiental negativo, dado que el ineficiente manejo de los residuos sólidos afecta a la calidad del aire mediante olores desagradables y la incineración de basura, además de afectar el entorno visual y disminuir la diversidad biológica. Asimismo, la ausencia de control sobre la contaminación resultante de la inadecuada disposición de desechos, incluyendo basureros ilegales, contamina tanto el suelo como las aguas cercanas, impactando la salud de la población y de la fauna del área.

Variable sociocultural, caracterizada por la carencia de conciencia entre los ciudadanos, el déficit de la educación ambiental y una cultura ciudadana, obstaculiza la implementación de hábitos sostenibles como la separación de residuos en la fuente y el reciclaje. Por otra parte, los basureros no autorizados, al acumular residuos sólidos en espacios inapropiados, contaminan el entorno y generan problemas de salud pública. Las cuestiones sociales ligadas a la salud ambiental afectan la calidad de vida de los ciudadanos, creando conflictos sociales y deteriorando la estética de los paisajes tanto urbanos como rurales, un escenario que resulta con el reto de mejorar la conciencia ambiental en la población y los desafíos para la consecución de prácticas sostenibles.

1.4. Modelos económicos en al manejo de los residuos sólidos

El modelo del manejo de los residuos sólidos, que se ha venido realizando durante años, denominado lineal, que va de la mano con economía lineal, determinado por extraer, fabricar y desechar, en cierta forma lo convencional, para reducir el impacto ambiental negativo, con residuos sólidos que llevan tiempos indefinidos para su descomposición, transformación y generan deterioro en el medio ambiente, por causas como

la falta del control para la protección de los recursos naturales por parte de autoridades locales y regionales y la urgente necesidad de fortalecer la conciencia ambiental y el conocimiento en el consumo responsable en la separación en la fuente de los residuos sólidos por parte de las comunidades. Fallapa (2019) sostiene que “la economía lineal se fundamenta en dos conceptos 1) un crecimiento continuo de la economía con consecuencia del deterioro medioambiental y 2) un consumo ausente de responsabilidad social”.

El enfoque de economía circular brinda ventajas socioambientales y económicas. Ayuda a reducir la demanda de materias primas; además, ayuda a las empresas a minimizar el impacto ambiental por la producción y emisiones de gases; también trae beneficios en la innovación, competitividad y capacidades ganadas (Fundación Ellen McArthur 2015).

1.5. Comparación entre economía lineal y circular

Tabla 1

Modelos economía lineal y economía circular

Modelo de economía lineal	Modelo de economía circular
La economía lineal propone una forma de producción y consumo organizada a través de la extracción, la producción, la utilización y el desecho; no hace protección medioambiental y menos desarrollo sostenible, conduce al uso intensivo de los recursos y la acumulación desmesurada de residuos. Un ejemplo es la economía tradicional que se desarrolla a partir de la producción masiva y un elevado consumo. Riesgo planetario Barret (2018) ha planteado que, de continuar con el modelo de economía lineal, para el 2050 se necesitarán tres veces más recursos, un 70 % más de alimentos y aumentará la demanda de agua y de energía, que pasará a ser del 40 %. En la economía lineal, los productos para el consumo, que, al ser utilizados por diversos consumidores, producen desechos desbordados, que causan múltiples efectos negativos al medio ambiente. Según la ONU, la región de América Latina y el Caribe genera a diario la cifra de 540 mil toneladas de desecho. De no tomar medidas rigurosas, en un futuro habrá más plástico en los océanos y, por tanto, un desafío: buscar un cambio al modelo de economía que promueva y aplique las 3Rs: reducir, reutilizar y reciclar.	Principales aspectos de la economía circular 1. Nuevos modelos de Negocios verdes, emergen para poder conseguir la sostenibilidad. Las empresas de vanguardia utilizan estrategias que protejan al medio ambiente y generan acciones colaborativas, conducentes a alianzas que conlleven a las empresas a trabajar en forma asociativa que conlleven a la sostenibilidad 2. Región y Municipios de ASOCENTRO en el contexto de la renovación de PGIRS, hacia la economía circular y desarrollo sostenible 3. Se sugiere construir parques ecoeficientes en los municipios y fortalecer la responsabilidad social y corresponsabilidades frente al consumo y el manejo responsable de los residuos sólidos Fundamentos de la economía circular • Proteger los recursos naturales a través de la gestión sostenible de recursos, que pueden ser renovables. • Incrementar la eficacia en el uso de recursos, de manera que los bienes y servicios ecosistémicos, aseguren la sostenibilidad. • Fomentar la optimización de los sistemas económicos y empresariales, en beneficio de los sistemas naturales minimizando el impacto de las externalidades (CERDÁ, 2016).

Reto: hacia una economía circular

El enfoque de la economía circular busca proteger el medioambiente por medio de una producción responsable y mitigar el uso de materiales, no renovables y fomenta la eficiencia de los insumos y el reciclaje al final del ciclo de vida de los productos.

Fuente: Elaboración propia

Se visiona, que, el enfoque de la economía circular persigue un objetivo más sostenible, pues según Cerdá (2016), “una economía circular está pensada para ser reparativa y regenerativa, busca que los productos y materiales, mantengan su máxima utilidad, a través de aplicar y diferenciar los ciclos biológicos y ciclos técnicos” (p. 12).

2. Metodología

La metodología descriptiva cualitativa y participativa de las experiencias de los municipios de ASOCENTRO, especialmente las mesas de trabajo con diferentes actores del 15 de julio de 2024 en el municipio de Chía, y el conocimiento vivencial de la experiencia del Plan de Gestión de Residuos Sólidos (PGIRS) de Cajicá en Colombia, incluye aspectos legales, objetivos, implementación y evaluación del plan. También se informa sobre características del municipio, actividades económicas, programas de manejo de residuos, caneca verde y compostaje, reciclaje y desafíos de los recicladores. Cajicá destaca por su compromiso ambiental para analizar la situación actual de los PGIRS a nivel general y compartir experiencias prácticas. Además, la investigación participativa facilitó abordar el conocimiento de la política, la gestión, el manejo de los residuos sólidos a nivel local, la construcción de la realidad socioambiental con la participación de diferentes actores, el lenguaje y la conexión entre teoría y práctica, resaltando la importancia de la conciencia institucional, ciudadana y política para la disposición final de los residuos.

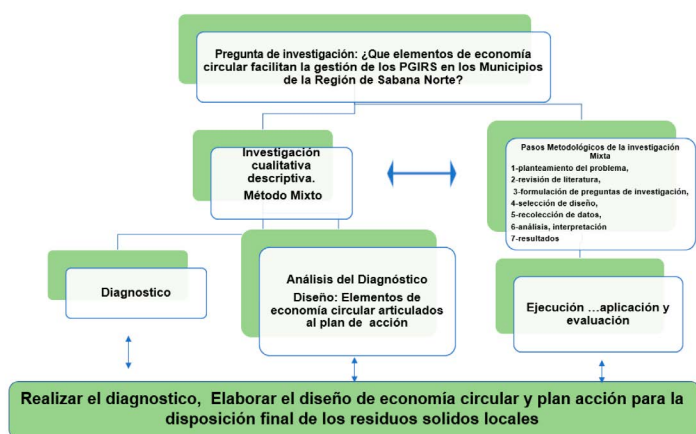
La metodología descriptiva cualitativa y participativa de las experiencias, de los municipios de ASOCENTRO, especialmente las mesas de trabajo con diferentes actores de julio 15 de 2024 en el municipio de Chía, y el conocimiento vivencial de la experiencia del Plan de Gestión de Residuos Sólidos (PGIRS) de Cajicá en Colombia incluye aspectos

legales, objetivos, implementación y evaluación del plan. También se informa sobre características del municipio, actividades económicas, programas de manejo de residuos, caneca verde y compostaje, reciclaje y desafíos de los recicladores. Cajicá destaca por su compromiso ambiental para analizar la situación actual de los PGIRS a nivel general y compartir experiencias prácticas. Además, la investigación participativa facilitó abordar el conocimiento de la política, la gestión, el manejo de los residuos sólidos a nivel local, la construcción de la realidad socioambiental con la participación de diferentes actores, el lenguaje y la conexión entre teoría y práctica, resaltando la importancia de la conciencia institucional, ciudadana y política para la disposición final de los residuos.

La metodología de investigación mixta combina el análisis de datos cuantitativos y cualitativos para la comprensión de la problemática socioambiental sobre el manejo de los residuos sólidos, y facilitó integrar técnicas de ambos tipos para ofrecer una visión integral y metodológica que incluyó definir el problema, revisar literatura, formular preguntas, recolectar datos y presentar resultados. A partir de aspectos para incorporar la economía circular a los PGIRS.

Figura 3

Metodología de investigación mixta, para incorporar la economía circular a los PGIRS



Fuente: Elaboración propia

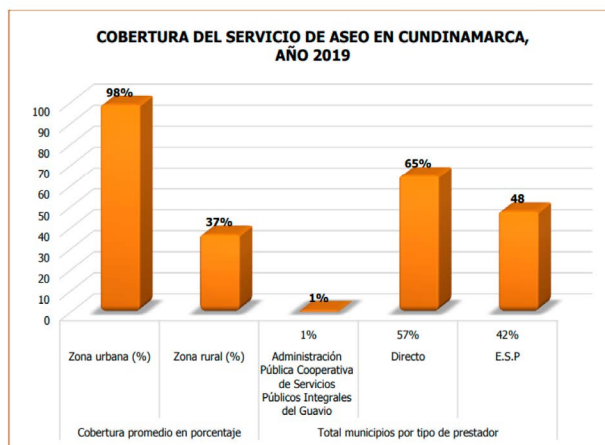
El estudio sobre la gestión de residuos sólidos, utilizó un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos. Esto ayudó a entender mejor el asunto al incluir percepciones y contextos, así como datos sobre volúmenes y relaciones estadísticas. Se recopiló información mediante documentos y análisis de estudios regionales. La investigación también examinó las actividades de recolección de reciclables y las acciones de las autoridades locales para entender las razones detrás de las estrategias de manejo de residuos, como disposición, reciclaje y limpieza.

Un estudio mixto sobre la gestión de desechos, específicamente en torno a los PGIRS, facilitó la comprensión sobre el manejo ambiental de residuos sólidos orientada al reciclaje, así como el análisis de datos cuantitativos necesarios para medir el volumen de residuos reciclables generados y compararlo con la capacidad disponible en las instalaciones de reciclaje. Al final, estos resultados se integrarían para examinar la diferencia entre las percepciones de los habitantes y la realidad en la gestión ambiental, lo que facilitaría la creación de estrategias de comunicación y educación más efectivas que apoyen el paso hacia la disposición final de los residuos sólidos una economía circular.

A continuación, se detalla por municipio el tipo de proveedor del servicio de limpieza, que poseen los municipios de Cundinamarca, y el porcentaje de cobertura en áreas urbanas y rurales de cada municipio.

Grafica 1

Cobertura del servicio de aseo en el departamento de Cundinamarca, 2019.



Fuente: Análisis de la Contraloría de Cundinamarca de la Circular 005 de 2019.

De acuerdo con el análisis del estudio sobre la gestión Integral de Residuos Sólidos en Cundinamarca (2019), se menciona que: El examen de la información proporcionada por los 115 municipios de la región, durante el lapso de 2018 a 2019, evidencia que la cobertura promedio del servicio de aseo, en la zona urbana alcanzó un 99 %, cifra que mostró un aumento respecto a la cobertura reportada en 2017, que fue del 77 %. En las áreas rurales, para el mismo periodo, la cobertura se situó en el 37 %, cifra que no presentó cambios en comparación con los resultados de 2017 (Gráfica 1).

3. Resultados

3.1. Economía circular como estrategia de sostenibilidad, para la renovación e innovación de los PGIRS, en los municipios de la región de Sabana Norte

En este marco, el resultado de la investigación se centra en proponer alternativas de planificación y gestión para los municipios, considerando la necesidad de desarrollar o actualizar los PGIRS municipales, adoptando la economía circular como estrategia de sostenibilidad (Alcazar

Jurado2021), lo que representa un desafío para la Gobernación de Cundinamarca en su servicio a la región mediante la gestión ambiental y el fortalecimiento de la implementación de los PGIRS en los municipios y un reto para estos en la meta de alcanzar el desarrollo sostenible. Este escrito, detalla el proceso de triangulación de datos (Gaviria S. A., 2015) y el análisis de fuentes secundarias llevadas a cabo, subrayando la necesidad de abordar el manejo de residuos sólidos de manera integral dentro del municipio, para fomentar prácticas sostenibles y mitigar los impactos ambientales negativos relacionados con la inadecuada disposición final de los residuos sólidos locales.

La economía circular se plantea como una solución sostenible para el desarrollo y optimización de los PGIRS en el ámbito comunitario. La investigación de los datos, empleando una metodología mixta, permitió examinar la información para interpretar su significado. Clasificar, reducir, organizar y etiquetar los datos para identificar variables, conceptos y temas relevantes. Precisar lo que evidencian los datos. Realizar análisis comparativos entre los municipios de la región central, que respondan a preguntas de investigación sobre las diferencias o que ayuden a entender la relevancia del asunto donde el municipio de Cajicá, en Cundinamarca, se destaca en los procesos del manejo racional de residuos sólidos hacia la sostenibilidad.

Se hace necesario actualizar los Programas de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIDS), con en so municipios de sabana norte dando cumplimiento la Resolución 0754 de 2014, el cual considera tres fases esenciales: datos del productor, diseño del plan y valoración acciones implementadas. Al elaborar un PMIDS, es aconsejable llevar a cabo supervisiones, diálogos con el personal y análisis de esquemas de proceso, con el fin generar programas de gestión de residuos sólidos, que incluyan la localización de los residuos, el establecimiento de objetivos y la aplicación de normativas. Es importante considerar la producción y el consumo sostenibles que impulsen un aprovechamiento óptimo de insumos y materiales, que conlleven a protecciones ecológicas y elevan el nivel de vida en los municipios. Su meta es desligar la expansión económica del daño ambiental, manteniendo la protección ambiental con los entornos naturales. (ONU-PNUMA 2009).

A las autoridades municipales se les recomienda realizar esfuerzos para actualizar los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), encaminados a la apropiación del enfoque de economía circular y de la sostenibilidad, de igual forma que se articulen las normativas vigentes en el tema con estricto cumplimiento. Estos planes sirven como guías tanto a nivel regional como local, así como los diversos proyectos que se llevan a cabo los municipios y que son apoyados por iniciativas de la Gobernación de Cundinamarca, la Corporación Autónoma (CAR), que son autoridades regionales.

Los anteriores esfuerzos incluyen varios programas de educación ambiental diseñados para empoderar a las comunidades en la correcta gestión de residuos sólidos en los hogares, priorizando la separación en la fuente, disposición final, el consumo responsable, el mantenimiento de espacios públicos, la recolección selectiva y la integración de recicladores. Sin embargo, para actualizar e innovar los PGIRS, es fundamental tener en cuenta los impactos causados por los riesgos climáticos, sequías e inundaciones, la protección de las fuentes hídricas, la economía circular y las normativas rigen el manejo de residuos sólidos para desarrollar PGIRS, aspectos detallados en la Matriz de Requisitos Legales (Ministerio del Medio Ambiente (2021), (Tabla 2).

3.2. Aspectos normativos y términos del manejo de residuos sólidos para elaborar PGIRS

Tabla 2
Normativas vigentes sobre PGIRS Y Economía Circular en Colombia

Normativas vigentes sobre PGIRS Y Economía Circular en Colombia
1. Resolución 754 de 2014; el PGIRS regional se aplica a los planes adoptados en una de dos o más leyes No. 1 de 2011. Capítulo 1454 Planificación conjunta de la totalidad o parte de las actividades en los municipios, distritos o regiones a que se refieren los artículos 13, 14, 15 y 19. (Minvivienda2015)
2. Resolución No. 1045 de 2003; considera métodos para la elaboración de los, PGIRS (planes integrales de residuos sólidos)
3. Decreto No. 2981 de 2013; determina la prestación de servicios públicos y mercadeo de residuos sólidos disponibles, y la responsabilidad por los impactos ambientales locales.
4. Resolución No. 0472 de 2017; regula la Gestión integral de residuos de construcción y demolición (RCD), así como responsabilidades de generadores, gestores, municipios.
5. Resolución No. 2184 de 2019; establece los códigos de colores blanco, negro y verde para la clasificación de residuos a partir de 2021, con el objetivo de promover la cultura ciudadana de la clasificación de los residuos sólidos. Ley 1990, de 2019; controla la pérdida y el derroche de alimentos, definiendo acciones de manejo sostenible a través de la inclusión social, la conservación del medio ambiente. (Congreso de la República de Colombia, 2019)
6. Resolución No. 591 de 2024; establece la gestión y atención de residuos generados clínicas, hospitales con el fin de prevenir riesgos de salud pública y ambiental.
7. El CONPES 3874 de 2016; estableció la política nacional de gestión integral de residuos sólidos en Colombia, considera residuos no peligrosos y articula determinantes contra el cambio climático.
8. Documento CONPES 3520 de 2008, establece las pautas y estrategias para la gestión del servicio público de aseo y la recolección de residuos sólidos.

**Conceptos línea base para orientar la Gestión ambiental de los PGIRS
(Minvivienda2015)**

- El manejo de residuos sólidos implica acciones de separación en la fuente, recolección, transporte, almacenamiento, disposición final y ruta a la economía circular
 - Caracterización de los RS. Determinación cualitativa y cuantitativa de características y propiedades de residuos sólidos.
 - Producción diaria per cápita se refiere a la cantidad de residuos sólidos generados por persona en kg/hab-día en el municipio, ejemplo en Municipio de Chía, se han recolectado más de 75 toneladas de residuos en los vallados y 8 toneladas de basura recogidas en fuentes hídricas (Alcaldía de Chía 2024).
 - Fases de manejo de RS. Considera, separación en la fuente promueve clasificación y recuperación, presentación, envasar, empaçar e identificar para su gestión disposición.
 - La acumulación. Depósitos de residuos sólidos y el aprovechamiento en la Gestión Integral de Residuos Sólidos implica reincorporar materiales recuperados al ciclo económico mediante reutilización, reciclaje, incineración para energía, compostaje u otras modalidades con beneficios diversos.
 - Recuperación: selección y retirada de residuos sólidos para convertir en materia prima para nuevos productos.
 - El reciclaje convierte residuos sólidos en materia prima para nuevos productos a través de diversas etapas como tecnologías limpias, recolección selectiva y comercialización.
 - La reutilización extiende la vida útil de los residuos sólidos a partir de la recuperación y transformación.
 - Residuo sólido aprovechable es un material sólido sin valor para el generador, pero útil en un proceso productivo.
 - Residuo sólido no aprovechable: de origen orgánico o inorgánico, que no pueden volver a usarse, reciclarse o integrarse en otro proceso, estos desechos sólidos no aprovechables requieren un tratamiento y una eliminación final adecuada.
 - La recolección de residuos sólidos consiste en recoger y retirar desechos de generadores por prestadores de servicios.
 - La micro ruta-transporte se refiere a la planificación detallada de calles y manzanas para la recolección de residuos.
 - El tratamiento de residuos sólidos modifica sus características para reutilización o minimizar impactos ambientales; la eliminación incluye disposición final, recuperación de recursos, reciclaje, compostaje y otros usos (DNP 2016).
-

**Normativas Vigentes para Economía Circular en Colombia
(Minambiente, 2021)**

- Ley 1753 de 2015 (El artículo 88) regula la gestión de residuos sólidos en Colombia e incentiva el aprovechamiento de residuos con proyectos viables a través de los PGIRS. (Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos)
- Norma técnica colombiana 24, responde la Guía para la separación en la fuente de residuos sólidos
- Guía técnica colombiana 86, determina lineamientos a través de la Guía para la implementación de la gestión integral de residuos
- Resolución 1045 del 2003 considera la metodología para la elaboración de (PGIRS).
- Política Nacional de producción y consumo sostenible de 2010
- CONPES 3700 de 2011: articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático
- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de 2012
- CONPES 3874 de 2016: Política Nacional para la gestión de residuos sólidos
- Política Nacional de Cambio Climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible 2016.
- CONPES 3866 de 2016: Política Nacional de Desarrollo Productivo
- CONPES 3934 de 2018: Política de crecimiento verde

**Eje transversal: Ética, responsabilidad social,
participación y educación ambiental
(LEY 1549 DE 2012).**

Fuente: Datos Tomados y adaptados de (Ministerio de vivienda y desarrollo Territorial. MINVIVIENDA. 2015) y Guía para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS).

3.3. Alternativas para Incorporar la economía circular y la sostenibilidad en la gestión ambiental en el manejo de los residuos sólidos. PGIRS a nivel local

La Administración Ambiental Local (AAL), trabaja la gestión ambiental con la coparticipación en la toma de decisiones ambientales en el ámbito comunitario, por la conservación de bienes y servicios ecosistémicos con sostenibilidad. El Sistema de Administración Ambiental (SAA) sigue diferentes etapas, como la identificación, caracterización, evaluación e impactos ambientales, la fijación de objetivos, el diseño de políticas, la capacitación del personal, la planificación y las auditorías internas.

También se sugiere realizar una revisión preliminar, determinar los aspectos ambientales relevantes, actualizar la política ambiental, identificar y evaluar actividades ambientales y elegir un encargado de proyecto. Se debe conformar un equipo de trabajo, definir un presupuesto y establecer un cronograma, además de hacer revisiones regulares del plan mediante seguimiento, control y las veedurías ciudadanas.

En Colombia, el gobierno nacional a través de la Estrategia Nacional de Economía Circular; sugiere reconsiderar nuestro modelo de desarrollo con el objetivo de “producir conservando y conservar produciendo.” (Minambiente2022). Además, se enfoca en seis flujos de materiales que comprenden insumos, materias primas (envases y empaques, biomasa, fuentes y flujos energéticos, agua y elementos de construcción) y del consumo en grandes cantidades, de tal forma que las acciones hacia la economía circular beneficien a todos los sectores de la sociedad, mejoren la calidad del medio ambiente y el bienestar socioambiental.

La economía circular enfatiza en cambiar el modelo de en el manejo final de los residuos sólidos encausado en optimizar el usar, reutilizar, y reducir los residuos. A nivel global, podría generar oportunidades en renovación e innovación industrial (Fundación MacArthur, 2015) aumentando el crecimiento económico y creando empleos a través de pequeñas y medianas empresas. Las empresas pueden reducir costos y aumentar el uso de insumos reciclados, además de promover servicios como recolección y logística inversa. Esto también podría mejorar la lealtad de los clientes y la mejora del medio ambiente.

En otro aspecto, el enfoque de la economía circular, vinculado a la producción y gestión de residuos, y aplicando la Agenda 2030, con el objetivo que Garantice el consumo y Producción sostenible (ODS 12) y el objetivo Construir infraestructura resilientes, industrialización inclusivas con prácticas limpias y sostenibilidad, (ODS 9), que conlleven al uso racional de recursos naturales, convertir los residuos sólidos en materias prima recicladas, promover altos niveles de reutilización y reciclaje, reducir el consumo de energía y agua, y minimizar la polución derivada de los residuos (Belda, 2018; Lett, 2014; Cerda y Khalilova, 2016).

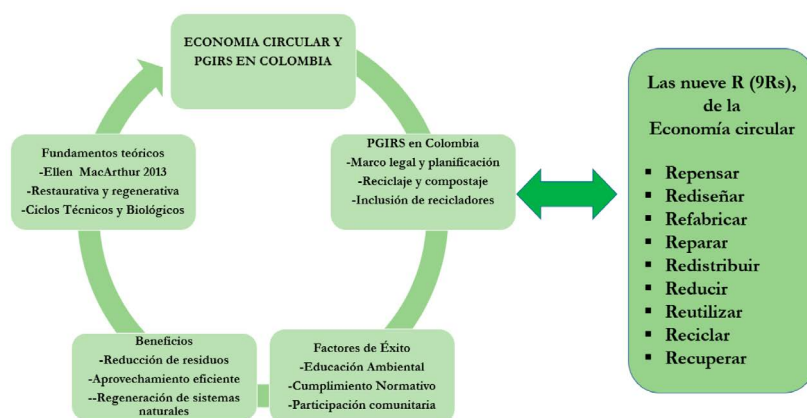
En este panorama, los gobiernos alrededor del planeta han colaborado para enfrentar los desafíos económicos, sociales y ecológicos plantean-

do estrategias utilizando los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS, 2015), como es el caso del ODS 15 (protección de ecosistemas terrestres) y ODS 17 (Alianzas de cooperación), la cual es viable en convenios entre municipios cuando se comparten ecosistemas similares, como es el caso de los municipios de sabana norte, y por tanto los retos de mejora hacia la sostenibilidad son inminentes y lo planteado por Arroyo (2018), un cambio hacia un modelo industrial que sea sostenible y resistente conduce a una estrategia comercial mediante acciones e iniciativas en las áreas social, económica y ambiental.

Se comprende la existencia de interrelaciones técnicas, socioeconómicas y sociopolíticas entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible y producción limpia, la economía circular y la sostenibilidad. Por lo tanto, se espera que, con la aplicación de la gestión ambiental por parte de las autoridades locales, se integren estos saberes y se llegue un modelo que busca equilibrar la economía y el medio ambiente. En este sentido, el desarrollo sustentable preserva los recursos naturales para beneficiar a las generaciones actuales y futuras (Zarta 2018). (Figura 4).

Figura 4

Las nueve R (9Rs), de la Economía circular



Fuente: Inspirado en la Guía distrital para la transición hacia modelos de negocio circular, 2020

Estos parámetros están vinculados a la eficacia en cada etapa del modelo de economía circular, el cual abarca más que simplemente las 3R, y plantea que, para lograr la transición, es esencial incorporar las ideas de las 9R: re-flexionar, reutilizar, arreglar, devolver a su estado original, remanufacturar, disminuir, rediseñar, reciclar y recuperar (Secretaría de Ambiente, 2020).

Desde los conceptos de la economía circular, se plantea que la disposición final de los residuos sólidos y la entrada de materiales, como el cartón, papel, metales, vidrios, plásticos, metálico y no metálico, extraído de los sitios de acopio final, rellenos sanitarios etcétera, entran en procesos de transformación, según las tecnologías que se apliquen y considera fases para las 9R (Rivera y Martínez Torres, 2021). Además, facilita que los procesos de producción y consumo sostenible este dirigidos a reducir el uso de recursos naturales y dar cumplimiento a las practicas sostenibles, como lo es la producción limpia que también se enfoca en optimizar, reutilizar y reformar desechos para prolongar la vida de los productos. Todo tiene valor y puede aprovecharse (Flores et al., 2023).

Fase de rediseñar refabricar: Se centra en la recolección de residuos sólidos, diseño y transformación, hasta que se vuelven nuevas materias primas que dan origen a nuevos productos, también se consideran los insumos, la variación de riesgos relacionados con costos y cadena de suministro. Actualmente, las empresas están trabajando en transiciones energéticas y la optimización de la vida útil de los productos.

Fase de redistribución: Mide la circularidad del material (indica el efecto del producto sobre su valor), la concentración de suministro, los riesgos presentes en relaciones entre las autoridades locales, el rendimiento ambiental de los municipios y la región, con incertidumbre en conflictos socioambientales, en relación con la gestión final de los residuos sólidos y su transformación hacia la economía circular.

Fase de reducir/reutilizar: Se analiza el uso de materias primas recicladas, los procesos del proceso de reciclaje, actividades y productos finales.

Fase de recuperar/reparar: Las empresas observan la pérdida de materiales en los procesos de producción, aspectos que conllevan, a la mejora del porcentaje de recolección reciclable, el consumo racional y colectivo, y plantean acciones para el uso racional del agua, y cuidado del entorno ambiental.

Fase de reciclar/repensar: Se identifican indicadores de evaluación frente a la utilidad, enfoque holístico (aprovechamiento de insumos, materiales naturales en componentes y subcomponentes), ingresos y costos.

El objetivo de la sostenibilidad es asegurar la armonía entre los aspectos económicos, sociales y ambientales mediante la identificación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que facilitan una evaluación cualitativa de los ámbitos socioambientales. Se proyecta que la articulación de los ODS, con las acciones de economía circular, ofrecen las oportunidades de presentar indicadores que permiten establecer mediciones socioeconómicas en sostenibilidad (Rivera 2021).

3.4. Elementos de gestión ambiental, para Plan Alianza regional y municipal por la economía circular

Tabla 3

Elementos de gestión ambiental que orientan la economía circular en los municipios

Elementos de gestión ambiental, frente a la economía circular municipal
Elementos para Plan Alianza regional y municipal por la economía circular
1. Región, Municipios de Sabana Norte ASOCENTRO: ◦ Aborda los Planes de Desarrollo y Agendas de los municipios (11), que integran los municipios de Sabana Norte ASOCENTRO, para la competitividad e innovación en PGIRS enrutados en la economía circular. ◦ Conocimientos y apropiación de capacidades ciudadanas y participativas a través de la educación ambiental que conlleve fortalecer la ruta en el manejo y disposición final de los residuos sólidos en procesos de transición en la producción limpia. ◦ Generación de capacidades en actores, sociedad civil, grupos sociales y comunitarios que fortalezcan las alianzas de los municipios y la región por la economía circular.

-
2. Municipios y sus instituciones-empresas prestadoras de servicio de aseo:
 - Coordinación interinstitucional a través de políticas públicas y acciones de gestión ambiental local y acciones de relaciones, cooperaciones, alianzas entre las autoridades locales, por razones de compartir territorio común, como es la sabana de Bogotá.
 - Apoyo de la Gobernación de Cundinamarca y las alianzas intermunicipales para formulación, ejecución e implementación de metas, indicadores y acciones hacia la renovación de los PGIRS que innoven con economía circular.
 - Definición de plan de acción, acciones de gobernanza, gobernabilidad, alianzas entre los municipios y la región por la disposición final de residuos, producción limpia y economía circular.
 3. Sistema de comunicación/información/observatorio regional, local por la economía circular e innovación-renovación de los PGIRS:
 - Contextualización del sistema con datos, informes estadísticos, rendición de cuentas públicas, que den a conocer los avances de las iniciativas locales, los estados de los PGIRS y los retos de estos en economía circular.
 - Control y seguimiento e implementación de la renovación e innovación de los PGIRS.
 - Motivaciones e incentivos locales por la renovación e innovación de los PGIRS hacia la economía circular
-

Estrategia y perspectivas para incorporar la economía circular a los PGIRS locales

1. Información. Es de vital importancia que los programas y proyectos que desarrollan los municipios para los PGIRS sean bien socializados e informados a las diferentes comunidades para de esta forma lograr la participación comprometida y responsable de los diferentes grupos de actores. Requieren información para ser actualizados con innovaciones y apropiaciones colectivas hacia las rutas de economía circular.
2. Fortalecimiento del Sistema de Información de Economía Circular en los municipios de Sabana Centro ASOCENTRO, a través de un observatorio regional/local.
3. Actualizar los instrumentos de comunicación y tecnologías de la información vinculante con la formación de la cultura ciudadana y divulgación y conocimiento en de Municipios de Sabana Centro por la Economía Circular, a través de la Gestión del conocimiento, actualización, renovación de los PGIRS y el manejo sostenible en la disposición final de residuos y los procesos de transformación Logística local eficiente para la dinamización de la economía circular, que conlleven a mejorar el consumo responsable, con el fortalecimiento de la cultura ecológica y responsabilidad social frente a manejo de los residuos sólidos, de tal forma que se llegue la formulación y ejecución de proyectos para innovar en la renovación de los PGIRS que incorporen a economía circular.

-
4. Liderazgo: Alianzas y cooperaciones regionales, trabajos colectivos y acuerdos de gestión y consolidación de la economía circular, en el marco del desarrollo sostenible para los municipios de Asocentro y la región.
-

Mecanismos y acciones de gestión ambiental para la optimización de procesos para incorporar la economía circular en los sistemas productivos.

1. Ajuste, desarrollo e innovación normativa.
 2. Investigación y capacitación.
 3. Cooperación regional y local entre municipios de Sabana Centro (ASOCENTRO), dando respuesta al cumplimiento del objetivo 17 del desarrollo sostenible y objetivos 13 (acciones por el clima) y 15 (protección de ecosistemas).
 4. Instrumentos normativos, económicos, técnicos y educativos (véase Tabla 2).
 5. Educación, comunicación y cultura ciudadana.
 6. Sistema de comunicación para la sostenibilidad local, el cual considera organizar un Observatorio de Economía Circular Regional y por Municipio, utilizando tecnologías de la información y diferentes estrategias de medios masivos de comunicación, para lograr una educación y participación ciudadana responsable en apoyo a las empresas para que incorporen los procesos de producción limpia y sostenibilidad (Melo Delgado 2022).
-

Responsabilidades compartidas y corresponsabilidades por el consumo responsable

La economía circular ofrece oportunidades para nuevos negocios mediante la innovación y sostenibilidad.

Fuente: Elaboración propia

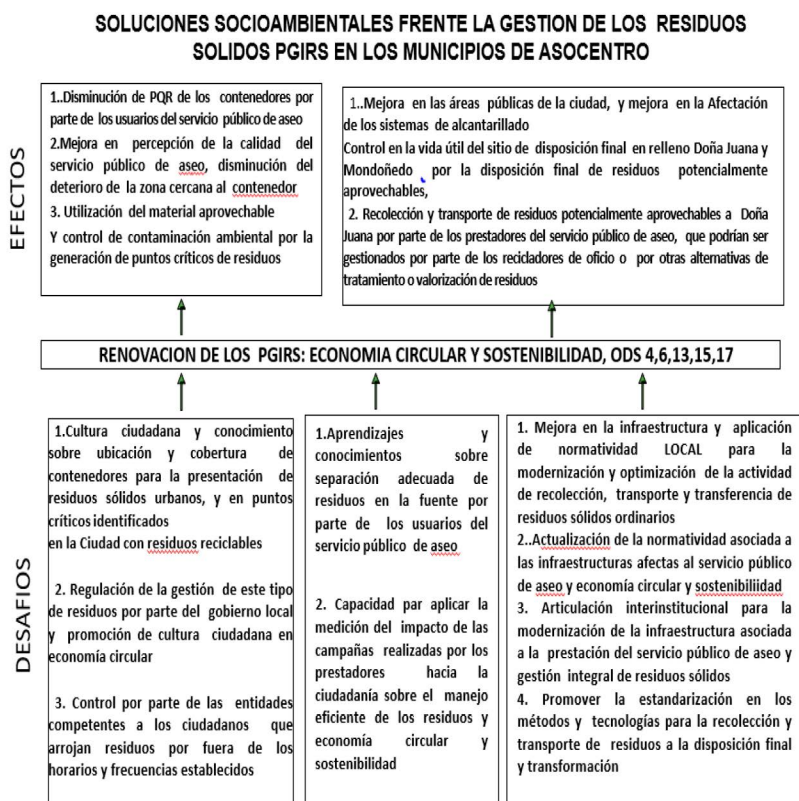
3.5. Interrelaciones participativas entre autoridades ambientales, academia, sistemas productivos por la sostenibilidad

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible y UNICEF (2005) describen las fases de la gestión sostenible del medio ambiente. Estas incluyen valoración, determinación de impactos, definición de objetivos, creación de normas, capacitación, planificación, ejecución, monitoreo y seguimiento. Desarrollar un plan de cultura ciudadana que incentive las diferentes fases para el manejo racional de los residuos sólidos, coadyuvando a través de diferentes acciones de gobernanza, comunicación, educación y participación comunitaria la eficiencia en

la gestión sostenible de los residuos producidos en los municipios de la sabana norte (ASOCENTRO).

Es así como los diferentes programas de formación en educación ambiental para la gestión de residuos sólidos, economía circular y sostenibilidad tienen como finalidad realizar formaciones para empleados públicos, la comunidad y las empresas del municipio, con la intención de capacitar todas las viviendas, industrias y organismos públicos. Se implementarán acciones y visiones socioeconómicas sobre la concepción de que los residuos son dinero, cuya retroalimentación en los procesos industriales frente a la transformación de residuos sólidos en fase final a la generación de nuevas materias primas y productos, como respuesta al consumo responsable, genera mejoras económicas a las empresas y al medio ambiente.

El objetivo es fomentar el interés, la sensibilidad y la conciencia ecológica en las alcaldías municipales, así como en las empresas, para que enfoquen sus esfuerzos en una gestión pública y comunitaria de los residuos, aplicando las normativas sobre el manejo de colores asignados para la clasificación de los residuos sólidos, como el color verde (orgánicos recuperables), el blanco (recuperables) y el negro (no recuperables), junto con el desarrollo de indicadores, con el fin de fortalecer la cultura ciudadana, enfocándose en ética, responsabilidad social y consumo consciente. Es importante para mejorar la separación de residuos y el manejo de residuos en la Sabana Norte. Se necesita conocer y aplicar las regulaciones, normativas sobre gestión de residuos para fomentar la economía circular y la sostenibilidad. También es esencial colaborar en estrategias para reducir residuos en fuentes hídricas y apoyar un sistema de información que promueva acciones comunitarias. Además, se recomienda promover iniciativas de investigación en economías circulares y producción limpia en apoyo a los municipios y la región (Amaya Aguilar 2019) (Figura 5).

Figura 5*Soluciones socioambientales: Actualización de PGIRS.**Fuente:* Elaboración propia, con enfoque sistémico

3.6. La gestión ambiental sostenible, un camino para los PGIRS de tercera generación

Los PGIRS de tercera generación representan una forma mejorada de gestionar los residuos sólidos, los cuales se articulan a la economía circular con la adopción de principios de sostenibilidad y bioeconomía. Encaminadas a la búsqueda de acciones de innovación y renovación de los proyectos de manejo de residuos sólidos. El objetivo es minimizar, reutilizar, reciclar y recuperar los residuos, con el fin de convertir los desechos en valiosos recursos (Arroyo Morocho 2018).

Para desarrollar renovaciones e innovaciones, los PGIRS de tercera generación, es fundamental considerar la estrategia establecida por CONPES 4069, el 20 de diciembre de 2021. Esta tiene como objetivo guiar a Colombia hacia una sociedad basada en el conocimiento, además de impulsar la transformación del modelo de desarrollo del país a través de la ciencia, la tecnología en los siguientes componentes: 1) promover el desarrollo de talento y oportunidades laborales en ciencia, tecnología e innovación; 2) potenciar la creación de conocimiento; 3) fomentar la adopción y el intercambio de tecnología; 3) aumentar la integración social del conocimiento; 4) maximizar el aprovechamiento de las capacidades regionales, sociales e internacionales; 5) optimizar la actividad del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación; y 6) ampliar y mejorar el financiamiento en ciencia, tecnología e innovación.

Características de los PGIRS de tercera generación

Los PGIRS de tercera generación presentan las siguientes oportunidades:

1. Centrarse en la economía circular evita que los desechos se conviertan en basura y fomenta el manejo inteligente de los recursos.
2. Participación comprometida de todos los actores: Involucra a las autoridades ambientales territoriales, municipales, al sector productivo y empresarial, a diferentes grupos sociales, a la ciudadanía, a las instituciones y a la academia en la gestión de los residuos; es una responsabilidad compartida, es vinculante e incluyente. El género es un concepto que se refiere a identidades y roles entre hombres y mujeres, influenciado por la sociedad. Estas ideas afectan el poder, la inclusión y exclusión social, y las desigualdades. También abarca a grupos marginados como LGBTI y aquellos que no se identifican con ellos (GIZ 2023).
3. Incorpora avances científicos, investigativos, tecnológicos E I+D. Se apoya en nueva tecnología para optimizar la gestión de residuos, como la clasificación automática, la incineración con recuperación energética y el reciclaje químico y procesos propios de la ruta de economía circular.

3.7. Capacidades, competencias y habilidades altitudinales para autoridades y poblaciones para actualizar los PGIRS de tercera generación

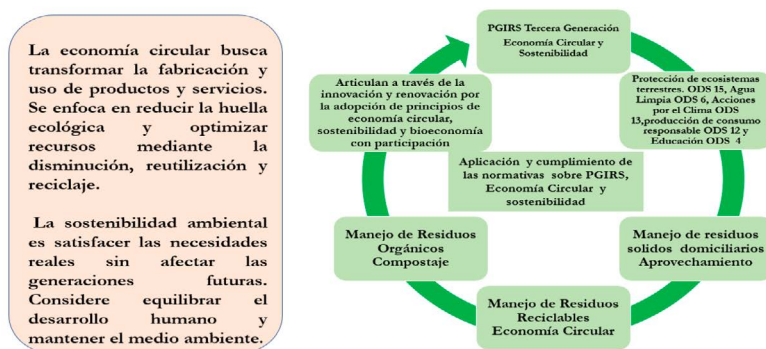
Ética y adherencia a las leyes actuales sobre residuos sólidos, compromiso social y corresponsabilidad en la gestión y manejo de los residuos, crear alianzas de colaboración entre los municipios de ASOCENTRO y el sector empresarial, fomentar investigaciones en economía circular y la sostenibilidad mediante participación ciudadana y compromiso de medios de comunicación (observatorio regional/municipal), estimular la participación y vigilancia ciudadana para garantizar el manejo responsable de los residuos sólidos, promover las corresponsabilidades para mejorar la salud ambiental en el ámbito territorial.

El PGIRS de tercera generación fomenta e impulsa la economía circular, la enseñanza sobre el medio ambiente y el cambio en los patrones de consumo (Ministerio de Vivienda y UNICEF 2005). Es importante citar que la Secretaría de Ambiente (2023) dinamiza la utilización efectiva de los residuos sólidos y enfatiza la importancia de convertir estos residuos en materias primas reutilizables o en fuentes energéticas; además, activa la sostenibilidad ambiental.

Uno de los aspectos claves de los PGIRS de tercera generación incluye sistemas de clasificación y separación de los residuos para facilitar el reciclaje, plantas de compostaje para convertir desechos en recursos aprovechables. Los PGIRS de tercera generación representan un reto para los municipios hacia la sostenibilidad, marcando un avance notable hacia el desarrollo de una comunidad más sostenible y resistente, en la que los desechos se transforman en recursos y la economía evoluciona hacia un modelo circular y de bioeconomía (Figura 6). El enfoque integral en la formación responsable, en la gestión de los residuos sólidos, enfatiza la disminución, reutilización y reciclaje de materiales desechados, reduciendo los efectos adversos sobre el entorno ambiental; fomenta el uso adecuado de los recursos y la reducción en la generación de desechos, seguida de la reutilización y el reciclaje, con el objetivo final de incorporar la economía circular, que conlleva replantear el ahorro de electricidad, agua, generación de empleo y aporte al desarrollo sustentable.

Figura 6

Gestión ambiental sostenible para el manejo de los residuos sólidos PGIRS de tercera generación



Fuente: Elaboración propia articulación Gestión Ambiental y ODS, como lineamiento para PGIRS, enfoque economía circular y sostenibilidad.

3.8. Empresas de limpieza local y sus roles en la gestión integral de desechos. PGIRS

Las compañías de aseo son fundamentales en los Planes de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PGIRS) para una administración sostenible de los residuos. Fomentan la integración de iniciativas en proyectos de desarrollo, mejoran la conexión con la comunidad y enseñan sobre la separación de desechos, promoviendo la responsabilidad en su manejo, lo que ayuda a cuidar el entorno y la salud pública (Tabla 4).

3.9. Responsabilidades compartidas entre autoridades, empresas de limpieza local y usuarios

Tabla 4

Los municipios frente al manejo de los PGIRS

Los municipios frente al manejo de los residuos sólidos	Empresas prestadoras del servicio público del aseo y asociaciones de recicladores	Responsabilidades compartidas de los generadores de residuos sólidos
Responsabilidades: • Desarrollar, estructurar, ejecutar e impulsar el PGIRS, así como fijar los métodos para una vigilancia rigurosa y controlada. • Idear y ejecutar estrategias que faciliten la aplicación del PGIRS. • Crear oportunidades para la inclusión de la ciudadanía y mantener a la comunidad al tanto sobre el manejo racional de los residuos sólidos.	Responsabilidades: • Efectuar las labores de recogida y traslado en los horarios y rutas establecidos. • Crear un esquema financiero para la renovación de los vehículos de recolección y los equipos de reciclaje. • Diseñar y dirigir propuestas de reciclaje y gestión de residuos, precisando rutas, plazos y ubicaciones diferentes para el descarte final. • Seguir el programa de poda de árboles y mantenimiento de zonas verdes, junto con otras acciones. • Utilizar los desperdicios de los mercados orgánicos en los centros de distribución, conforme a la Resolución 754/2015.	Responsabilidades: • Prevenir, clasificar, separación en la fuente, clasificación y coordinación de las partes involucradas en la gestión de los desechos sólidos. • Diálogo y alianzas entre los representantes de los municipios, entidades reguladoras, compromisos, cumplimiento y veeduría ciudadana, así como la implementación de reglas punitivas, con el objetivo de garantizar el buen desarrollo del proyecto PGIRS, en ruta hacia la sostenibilidad.
Eje transversal: Alianzas de cooperación entre municipios con responsabilidad social, corresponsabilidades, compromisos participativos y veedurías ciudadana		

Fuente: Elaboración propia

3.10. Retos de los municipios de la región de la Sabana de Bogotá y la sostenibilidad 2035

El Plan Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), como herramienta de organización a nivel local, municipal y regional, se apoya en guías metodológicas que incluyen metas, programas, proyectos y objetivos (C. Miguel KM2021), que conllevan en forma participativa elaborar diagnósticos y plantear soluciones y proyecciones financieras. Las principales actividades y acciones de los PGIRS de tercera generación promueven la economía circular local y la cultura de la cero basura. Las fuentes secundarias indican que sigue un enfoque de economía lineal con impactos ambientales preocupantes, dados los esfuerzos que han realizado las autoridades ambientales y las alcaldías municipales. Estas consideraciones investigativas coadyuvaron a plantear una ruta que relacione la gestión de residuos desde la perspectiva de la economía circular y el desarrollo sostenible en los municipios de Sabana Centro.

Para el año 2035, Colombia tiene el reto de avanzar en sostenibilidad, especialmente en áreas municipales; para lograrlo, proyecta desafíos en infraestructura, financiamiento y educación, así como cambiar mentalidades y hábitos de consumo. Además, necesita mejorar la formación en economía circular, hacer la transición a energías renovables y la creación de empleos verdes.

1. *Economía circular y sostenibilidad*, frente a la gestión de residuos sólidos, los beneficios de la economía circular, naturales, y el crecimiento económico que impulsa la innovación. Además, mejora la calidad de vida al reducir la contaminación y promueve la sostenibilidad, según los siguientes indicadores:
2. *Mejorar la salud ambiental local*. La gestión ineficaz de desechos sólidos conlleva mejorar las condiciones de la salud ambiental local, con prevención de las enfermedades ambientales, como fiebre tifoidea, cólera, hepatitis y otras.
3. *Reducir los impactos ambientales*, especialmente por manejo de residuos sólidos arrojados a las fuentes hídricas; afectan y emiten gases que contribuyen al calentamiento global. La mala gestión de estos residuos puede causar malos olores, degradación del suelo, taponar las alcantarillas y generar inundaciones y deterioro del paisaje, etc.

4. *Minimizar el efecto sobre la economía local.* Dado el aumento de las urbanizaciones y el crecimiento poblacional en los municipios de la sabana, esto ha llevado al aumento de problemas socioambientales, especialmente los relacionados con residuos sólidos; estos están relacionados con el ingreso per cápita, el consumo responsable, la cultura ambiental y la calidad ambiental.

3.11. Experiencia del municipio de Chía en economía circular, presente en la COP16

El municipio mostró el uso de residuos también mediante el taller “Transformar a través del reciclaje. Gestión adecuada y consumo responsable: Realidades del reciclaje y economía circular” y una actividad de educación ambiental. La relevancia de esta actividad se enmarca dentro del modelo de economía circular de Chía, donde los procesos de intercambio, reutilización y colaboración de recursos se conectan entre los emprendedores que participan en el programa de la Secretaría de Desarrollo Social del municipio.

En Chía, Cundinamarca, se promueve el manejo racional de los residuos sólidos, la producción limpia, y se busca, con la colaboración entre emprendedores, llegar a la economía circular. Este enfoque se basa en minimizar desechos y contaminación, mantener productos en circulación y restaurar ecosistemas. La entidad ASORECIKLAR ESP trabaja en el tratamiento de residuos reutilizables. La administración municipal apoya la creación de redes para el intercambio entre empresarios. Se implementan programas que fortalecen habilidades artesanales y fomentan la educación digital. Los centros comerciales sostenibles realizan actividades comerciales responsables. Además, se organizan actividades educativas para concienciar sobre la economía circular. La Universidad de Cundinamarca lidera proyectos para fortalecer el emprendimiento turístico y apoya empresas rurales, especialmente mujeres emprendedoras.

4. Conclusiones

La creación y aplicación de la renovación e innovación de los PGIRS con enfoque de tercera generación es importante para promover la producción limpia, la economía circular y la sostenibilidad. Se busca evitar el deterioro ambiental, proteger la salud ambiental y reducir residuos. También se plantean métodos de educación y gestión ambiental para fomentar nuevas costumbres en el manejo de residuos. Esto se alinea con la economía circular y la Agenda 2030, facilitando que el proceso de adopción e implementación por parte de empresarios, autoridades y ciudadanos sea más ágil y efectivo. De este modo, se garantiza la consecución de los ODS, tal como mencionan Ortega y Arocas (2016).

La producción limpia, como fase conducente a la economía circular, exige modificaciones fundamentales en las esferas técnica, política, económica y social para una implementación efectiva. En el ámbito técnico, es esencial fomentar la innovación en los diseños y en las tecnologías para el reciclaje. Las normativas sobre estos tópicos establecen regulaciones y políticas que promueven la circularidad y, en los aspectos económicos, se proyectan retos hacia nuevos modelos de negocio y mercados destinados a productos reciclados. En el ámbito social, se requiere un cambio en la mentalidad hacia el consumo y la producción.

Las conclusiones técnicas llevan a la reflexión sobre el diseño orientado por la economía circular; es esencial concebir productos con un enfoque en su durabilidad, posibilidad de reparación y reciclabilidad desde el comienzo. Se prevé el avance en tecnologías de reciclaje para facilitar la recuperación de productos de alta calidad.

Respecto a la gestión y políticas públicas en la gestión de los PGIRS, es vital mantener un enfoque riguroso y estricto en la regulación y supervisión para diseñar programas de producción limpia y negocios verdes, a través de estándares de diseño, metas de reciclaje y prohibiciones en el uso de ciertos materiales. Esto debe fomentar incentivos que lleven a implementar medidas fiscales y financieras para empresas que adopten prácticas circulares y para consumidores que opten por productos circulares.

Se sugiere adoptar el marco regulatorio de residuos sólidos en Colombia (Congreso 2019), para proteger el medio ambiente y fomentar

un entorno saludable. Esto incluirá pautas para modernizar los PGIRS, generando empleo en reciclaje y producción orgánica, mejorando la calidad de vida y promoviendo un cambio cultural hacia la responsabilidad ambiental. Las campañas ayudarán a aplicar estrategias sostenibles.

Se recomienda un control más estricto en las plantas de producción sobre el uso de recipientes para su disposición, ya que aquí comienza el problema. Las capacitaciones son útiles, pero deben hacerse con más frecuencia por la rotación de personal. También se sugiere buscar colaboraciones estratégicas con empresas cercanas y establecer alianzas con las empresas interesadas en economía circular, academia, autoridades ambientales y municipios en acuerdos y compromisos locales por la sostenibilidad regional (Ministerio de Vivienda 2002).

A partir del ODS 17, la cooperación a niveles nacional, regional, local y, preferiblemente, internacional es esencial para alentar la colaboración entre municipios para intercambiar conocimientos y tecnologías en economía circular. Esto impulsaría la investigación y la participación, generando nuevos modelos de negocio, mercados para productos reciclados y promoviendo la inversión en economía circular.

6. Referencias

- Alcázar Jurado, V. (2021). *Propuesta para lineamientos de acción para promover la economía circular en el distrito de Surco* [Tesis de maestría, Universidad ESAN]. Repositorio Institucional ESAN. <https://repositorio.esan.edu.pe/handle/20.500.12640/2144>
- Amaya Aguilar, G. (2019). *Economía circular como alternativa sostenible para el desarrollo productivo de las industrias* [Tesis de pregrado, Universidad del Rosario].
- Arroyo Morocho, F. (2018). La economía circular como factor de desarrollo sustentable del sector productivo. *Innova: Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 1(2), 78–92. <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/786>
- Brais Suárez, E. (2021). *Integración de la economía circular en el marco del desarrollo sostenible* [Tesis doctoral, Universidad de Vigo]. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?Codigo=293360>

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe: Oportunidad para una recuperación transformadora* (Documento de Proyectos LC/TS.2021/120). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46780>
- Cerda, E. (2016). Economía circular. *Revista Economía Industrial*, (401), 11–20. <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/EconomiaIndustrial/401/Paginas/default.aspx>
- Congreso de la República de Colombia. (2019). Ley 1990 de 2019. https://www.andi.com.co/Uploads/Ley-2019-N0001990_20190802.pdf
- Contraloría de Cundinamarca. (2016). *Asociación de Municipios de Sabana Centro* (ASOCENTRO). <http://asocentro.com/>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2016). *CONPES 3874: Política Nacional para la gestión integral de residuos*. Bogotá, D.C.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2021). *CONPES 4069: Estrategia Nacional de Economía Circular*. Bogotá, D.C.
- Falappa, M. B., Lamy, M. & Vázquez, M. (2019). *De una economía lineal a una circular, en el siglo XXI: Análisis realizado en la sociedad mendocina* [Tesina de grado, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Económicas].
- Flores, E. R. (2023). Economía circular como base de la sustentabilidad empresarial. *Revista Publicando*, 10(38), 1-13. <https://doi.org/10.51528/rp.vol10.id2358>
- Fundación Ellen MacArthur (EMF). (2015). *Circularity indicators: An approach to measuring circularity methodology*. Fundación MacArthur.
- Gavira, S. A. (2015). La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa. *Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación*, 47, 73–88. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36841180005>
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2013). *¿Qué es un enfoque de género?* <https://www.giz.de/fachexpertise/downloads/giz2013-es-backup-gender-guidelines.pdf>
- Lobo Ramírez, L. (2021). *Marco base de la política pública de economía circular enfocado en una perspectiva de gestión y manejo de residuos sólidos para la ciudad de Medellín* [Trabajo de grado, Universidad de Antioquia]. <http://hdl.handle.net/10495/2178>

- Melo Delgado, C. C. (2022). De la economía lineal a la economía circular: Transformaciones en el manejo de los residuos sólidos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 52–82. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6898765>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Estrategia Nacional de Economía Circular*. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategianacional-de-economia-circular/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible & UNICEF. (2005). *Programa nacional de asistencia técnica y capacitación para la formulación de los planes de gestión integral de residuos sólidos* (Módulos 0–3).
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2002). *Guía de gestión administrativa para la aplicación del SIGAM*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Guía práctica de formulación de proyectos de gestión integral de residuos sólidos para ser presentados ante el Fondo Nacional de Regalías.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2021). El marco normativo aplicable al manejo de los residuos se encuentra en la Matriz de Requisitos Legales y Otros Compromisos Ambientales – DS-E-...
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Minvivienda). (2013). Decreto 2981 de 2013, sobre la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Minvivienda). (2015a). Resolución 754 de 2015: Metodología para el desarrollo de PGIRS.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Minvivienda). (2015b). Guía para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS).
- Ortega, P. D. (2016). La aproximación de HP al nuevo paradigma de sostenibilidad. *Revista Ambienta*, 117, 114-120. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_AM/PDF_AM_Ambienta_117.pdf
- ProBogotá. (2018). *La región metropolitana de la Sabana de Bogotá: Una propuesta para la asociatividad y la gobernanza regional*. Fundación para el Progreso de la Región Capital.

- Rivera, P. (2021). Articulación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible con el paradigma de la economía circular. *Investigación y Desarrollo*, 29(1), 178–194. <https://doi.org/10.14482/INDES.29.1.3337>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). *Guía distrital para la transición hacia modelos de negocio circular*. Alcaldía Mayor de Bogotá. <https://ambientebogota.gov.co/documents/10184/2230231/Gu%C3%ADa+-de+ImplementacionEC+%287%29.pdf>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2023). *Fase de Agenda Pública: Producción y Consumo Sostenible – Economía Circular*. Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Zarta, A. P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: Un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*, 28, 409–423. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
- Organización de las Naciones Unidas, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) & Universidad de Tecnología de Delft. (2009). *Diseño para la sostenibilidad: Un enfoque práctico para economías en desarrollo*.

Eje 2

Innovación tecnológica y gestión sostenible

Capítulo 2.1

Afectaciones ambientales de *berries* en Jalisco: Preservación isocórica aplicada a zarzamoras

*Angulo Sherman Abril Adriana*¹

*Serafín García Blanca Rocío*²

*Monteros Curiel Espicio*³

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20259679>



¹ Profesora-Investigadora del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. e-mail: abril.angulo@academicos.udg.mx

² Estudiante del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. e-mail: blanca.serafin4237@alumnos.udg.mx

³ Profesor-Investigador del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. e-mail: espicio.monteros@academicos.udg.mx

1. Introducción

Los frutos del bosque, mejor conocidos como *berries*, se refieren a alimentos como la fresa, zarzamora y frambuesa, por mencionar algunos. Su consumo era común en regiones como el norte de América o Europa; sin embargo, en las últimas décadas, su consumo se ha extendido a otros lugares del mundo y se ha generado en consecuencia una gran demanda de estos productos. Lo último contribuye a que estos cultivos adquieran un gran potencial agrícola, por su alta rentabilidad y que típicamente presentan un retorno de inversión rápido (Lagunes-Fortiz et al., 2020). El estado de Jalisco (México) es uno de los que tienen una mayor aportación al PIB agrícola nacional, destacándose como uno de los principales productores de *berries* a nivel nacional. En las últimas décadas se ha observado un incremento significativo en la producción de estos cultivos en Jalisco (Lagunes-Fortiz et al., 2020; Macías Macías y Sevilla García, 2021; Rojas Ramírez, 2025).

En general, la demanda de alimentos a nivel global ha incrementado en los últimos años, como consecuencia del incremento continuo de la población (FAO, 2012; Rios y Kaltschmitt, 2013). El acceso a estos productos puede resultar complejo y poco equitativo; no solo por las dificultades asociadas a su producción, también se pueden presentar problemas asociados con su almacenamiento y traslado hasta que llegan al consumidor final (FAO, 2012). Los procesos de preservación en frío son una alternativa que incluye una gran variedad de metodologías, todas con la finalidad de inhibir el proceso de descomposición natural de los alimentos a través de la reducción en la temperatura (Energy, 2012). La elección del tipo de preservación en frío depende de las características del producto, sin dejar de lado el consumo energético asociado al tipo de preservación (Angulo-Sherman et al., 2025).

Una alternativa novedosa entre los procesos de preservación a bajas temperaturas es la preservación isocórica, la cual se encuentra en desa-

rollo y ha comenzado a estudiarse para diferentes alimentos en años recientes. La preservación isocórica se ha aplicado de forma exitosa en diferentes productos, contribuyendo con la peculiaridad de que las presiones que se alcanzan en las muestras, dependiendo de la temperatura, pueden proveer condiciones de inocuidad de manera indirecta al producto (Chavez-Quesada y Acosta-Montoya, 2023; Dhanya et al., 2023; Angulo-Sherman et al., 2025).

En este trabajo se propone la preservación isocórica como una alternativa para la preservación de *berries*, utilizando a la zarzamora (*Rubus fruticosus*) como objeto de estudio. Varias muestras de zarzamoras se sometieron a condiciones isocóricas de almacenamiento y posteriormente fueron evaluadas a partir de su pérdida de masa (deshidratación), color, aroma y textura. Los resultados obtenidos permiten proponer el alcance y en qué condiciones la preservación isocórica sería aplicable a las zarzamoras.

El boom de los *berries* en Jalisco

El estado de Jalisco (México) figura como un productor de *berries* a nivel nacional desde 1990; sin embargo, en las últimas dos décadas, la producción de este tipo de alimentos se ha potencializado. Lo anterior es a causa de diversos factores, desde aspectos migratorios, la adopción de nuevas prácticas de consumo nutrimental consideradas saludables y la alta rentabilidad que los productos representan, impulsados por la demanda global (Rojas Ramírez, 2025). Particularmente en 2007, el Programa de Desarrollo de la Industria de Berries en el estado de Jalisco se impulsó con la intención de convertir a la región sur del estado en una gran exportadora de *berries*, entre las que se encuentran el arándano, frambuesa, fresa, zarzamora, entre otros (Macías Macías y Sevilla García, 2021).

La producción de *berries* ha representado, después del 2011, un 6 % de la producción de alimentos a nivel estatal y una producción agrícola regional del 13.4 % en 2018, que típicamente se encuentra destinada a la exportación y, por lo tanto, es indispensable que los productos cumplan diferentes condiciones que corresponden a los cultivos protegidos. En general, el conocido boom de los *berries* en Jalisco ha requerido de grandes esfuerzos por parte del gobierno y alianzas con diferentes mul-

tinacionales que se dedican a la comercialización de estos productos. Durante este tiempo se ha vuelto evidente que su producción, a pesar de ser protegida y seguir regulaciones estrictas para su producción y comercialización a nivel internacional, acarrea consigo efectos adversos en las regiones de producción, lo anterior asociado con la alta demanda de agua e insumos, resultando en impactos ambientales negativos, acompañado con fenómenos de migración y prácticas de consumo que acentúan la desigualdad social (Macías Macías y Sevilla García, 2021; Rojas Ramírez, 2025).

Al considerar lo anterior, se vuelve evidente que el proceso de producción de los *berries* ha tomado una relevancia significativa en la economía del estado, y que incluso es visto con buenos ojos no solo por parte de diferentes autoridades y dependencias (La voz del campo, 2023), pero no puede considerarse sustentable. Se realizan esfuerzos a partir de las prácticas que promueven las empresas compradoras de *berries*, pero un compromiso mayor que aborde los impactos negativos, sin limitarse solo al proceso de cultivo, es necesario para mejorar la eficiencia con la que se aprovechan los productos. Lo anterior puede extenderse a los procesos de almacenamiento, pudiendo aprovechar productos que son descartados como merma por aspectos como apariencia, pero que pueden tener potencial en su comercialización a través de otros productos.

La merma en la industria de berries

La merma en los cultivos puede tener diferentes causas identificadas y que se pueden asociar a las diferentes actividades postcosecha por las que pasa un producto hasta llegar al consumidor (Grolleaud, 2001; Herrera Cebreros et al., 2022; Tecnoagro, 2023). Se estima que entre el 40 % y el 50 % de las pérdidas de alimentos corresponden a frutas y hortalizas; estas pérdidas suceden entre las etapas de producción (20 %), manejo o almacenamiento postcosecha (3 %), envasado (1 %), distribución (12 %) y consumo (28 %) (Herrera Cebreros et al., 2022). En particular, al referirse al almacenamiento, se sugiere que este debe ser duradero y eficaz, con buenas instalaciones y condiciones de higiene y vigilancia, destacando aspectos como el control de temperatura y humedad. Además, se debe

considerar que el daño también puede ser causado por microorganismos; lo anterior también puede llegar a suceder durante el procesamiento y traslado (Grolleaud, 2001).

Los daños postcosecha y pérdidas alimentarias se asocian con tipos de pérdidas como el contenido de agua o las que se conocen como pérdidas de calidad, relacionadas con el aspecto exterior, la forma, el tamaño, el olor y el sabor, cuando los productos presentan una calidad disminuida que desincentiva al consumidor (Grolleaud 2001; Tecnoagro 2023).

En algunos *berries*, como el arándano, se ha identificado qué aspectos específicos se asocian con la pérdida de calidad en el producto. Entre las causas más frecuentes se identifican la pérdida de firmeza, deshidratación, desarrollo de mohos y enfermedades, deterioro por etileno, daños mecánicos y problemas en la cadena de frío (Deltsidis et al., 2024; Portalfruticola, 2025). Criterios similares a los que se han mencionado para cultivos y, en particular, para los arándanos, pueden hacerse extensivos a otros *berries* como la zarzamora.

La zarzamora es un cultivo que puede llegar a tener pérdidas de hasta 25 % de su producción (Fernández Pavía et al., 2012; Ruvalcaba-Cázares et al., 2024). Se ha identificado que un aspecto que puede ayudar a reducir las pérdidas de los cultivos de zarzamora se relaciona con los procesos de preservación en frío que se utilizan una vez recolectado el fruto (Yahia, 2017).

Las opciones que existen para la preservación en frío de alimentos son muy variadas. La preservación isocórica es un proceso que se analiza actualmente en diferentes tipos de alimentos; sus alcances y aplicaciones aún se exploran, pero preliminarmente se ha observado que es posible lograr una mejor conservación de alimentos, porque restringe los procesos de degradación al mantener a los productos en temperaturas por debajo de los 0 °C, mientras que inhibe la formación de cristales de hielo asociados al daño de alimentos (Wan et al., 2018; Powell-Palm y Rubinsky, 2019; Chavez-Quesada y Acosta-Montoya, 2023; Dhanya et al., 2023; Angulo-Sherman et al., 2025).

La preservación isocórica permite mejorar las condiciones de inocuidad, al inhibir el desarrollo de algunos microorganismos, en comparación con otros métodos (Chavez Quesada y Acosta Montoya, 2023; Dhanya

et al., 2023; Salinas Almaguer et al., 2015; Powell Palm et al., 2018; Angulo Sherman et al., 2025). Debido a que se trata de un método novedoso, aún se realizan experimentos de forma independiente para valorar su aplicación en diferentes alimentos. Determinar su potencial para la preservación de zarzamoras debe hacerse a través de la experimentación y el efecto sobre variables de calidad, como la deshidratación, el color, la firmeza y el aroma; en comparación con otros métodos de preservación en bajas temperaturas, ayudaría a identificar su potencial.

2. Metodología

Para este trabajo se adquirieron zarzamoras a través de un productor local que comercializa sus productos en mercados de Santa Anita, Tlajomulco de Zúñiga; lo anterior procurando que se pudiera garantizar que las muestras no habían sido almacenadas previamente en condiciones de congelamiento. La manipulación de las muestras después de su adquisición se realizó siguiendo una metodología dividida en cinco pasos que se detallan a continuación.

1. *Preparación de la muestra:* Las muestras se lavaron con agua purificada, posteriormente se dejaron secar a temperatura ambiente y finalmente se cortaron para adaptarse al tamaño del contenedor en el que se almacenarán bajo cinco diferentes condiciones de temperatura e hidratación durante el almacenamiento.
2. *Medición de variables previas al almacenamiento:* Se tomaron las cinco muestras de zarzamora, una vez teniendo el tamaño apropiado, y se realizaron mediciones de las propiedades de aroma, firmeza, masa y color, previas al almacenamiento, que se utilizarán como referencia para identificar los cambios debido a las condiciones específicas de cada proceso de almacenamiento. Las propiedades se dividieron en función del método de medición como cualitativas; aroma y firmeza, y cuantitativas; masa y color.
3. *Almacenamiento de la muestra:* Tras hacer las mediciones de las propiedades iniciales de las muestras, se colocaron las mismas en diferentes contenedores, de manera que pudieran experimentar cinco condiciones diferentes de almacenamiento, que se clasificaron como

Exterior, Refrigeración, Congelación, Isobárico e Isocórico. Tres de las muestras fueron colocadas en tres cajas de petri respectivamente, la primera corresponde a la condición de Exterior y se utilizó como control, se colocó en una mesa en el laboratorio de manera que permaneciera a temperatura ambiente (27 °C). La segunda muestra se colocó al interior de un refrigerador comercial a 4 °C; lo que corresponde a la condición de Refrigeración. La tercera muestra, correspondiente al almacenamiento en Congelación, se almacenó al interior del congelador del refrigerador comercial a -14 °C.

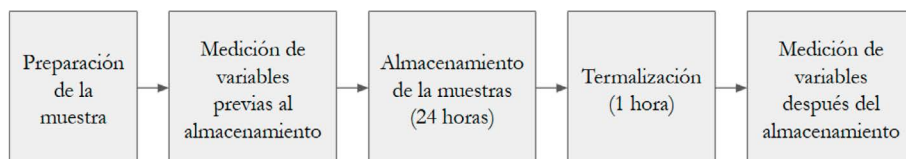
Las dos muestras restantes se almacenaron cada una en un contenedor de acero inoxidable de grado alimenticio que tiene el grosor suficiente para tolerar las altas presiones asociadas a la cristalización del agua durante un proceso isocórico. En uno de los contenedores se completó el volumen de su capacidad con agua de grado biológico al 90 % de su capacidad; esto sería el almacenamiento isobárico, que permite la formación de cristales de hielo alrededor de la muestra. En el segundo contenedor metálico, se completó el volumen con agua de grado biológico al 100 % de su capacidad; propiciando condiciones isocóricas en las que se inhibe la formación de hielo alrededor de la muestra. Ambos contenedores metálicos se resguardaron en el congelador del refrigerador comercial a -14 °C.

Las cinco muestras se almacenaron en las condiciones previamente descritas durante un periodo de 24 horas.

4. *Termalización:* Una vez concluido el periodo de almacenamiento todas las muestras se retiraron del refrigerador y congelador, dejándolas termalizar a temperatura ambiente a lo largo de una hora.
5. *Medición de variables después del almacenamiento:* Tras el periodo de termalización, todos los contenedores se abrieron y se procedió a medir nuevamente las propiedades cuantitativas (masa y color) y cualitativas (aroma y firmeza) de cada muestra. El procedimiento se encuentra ejemplificado en el diagrama de flujo de la Figura 1.

Figura 1.

Diagrama de flujo que describe la metodología de preparación y almacenamiento de las muestras, así como las mediciones realizadas antes y después del periodo de almacenamiento



Cada una de las condiciones de almacenamiento, siguiendo la metodología de la Figura 1, se realizó por triplicado y el experimento se repitió en cinco ocasiones diferentes. Los resultados obtenidos para las variables cualitativas y cuantitativas se utilizaron para calcular valores promedio de cada parámetro. En el caso de las mediciones cuantitativas, masa y color, se estimaron los errores correspondientes a partir de la propagación de error de acuerdo con los resultados. A continuación se detalla el procedimiento para la obtención de las variables cuantitativas.

La masa se determinó pesando cada una de las muestras; el peso inicial (m_0) se comparó con el peso de la muestra después del almacenamiento (m_f). La diferencia en la masa se calculó de acuerdo a la ecuación 1. Esta diferencia de masa corresponde a la deshidratación de la muestra debido a las condiciones de almacenamiento.

$$\Delta m = m_0 - m_f \quad (1)$$

El análisis del color de la muestra se realizó utilizando un colorímetro Hang Zhou CS-10. El dispositivo mide los parámetros de cromaticidad espacial a través de las variables de luminosidad (L), coordenadas relativas al color a^* (rojo/verde) y b^* (amarillo/azul). El cambio en la luminosidad se calculó a través de la diferencia entre el valor medido en la muestra antes del almacenamiento (L_0) y el de la muestra después del almacenamiento (L_f), como se muestra en la ecuación 2.

$$\Delta L = L_f - L_0 \quad (2)$$

En el caso de los parámetros de coloración a^* y b^* , el cambio se determinó al comparar el valor obtenido después del almacenamiento (a_f^* y b_f^*) en comparación con el que tenía originalmente (a_0^* y b_0^*); el resultado se expresó en forma porcentual, como se muestra en las ecuaciones 3 y 4.

$$a^*\% = 100 (a_f^*/a_0^*) \quad (3)$$

$$b^*\% = 100 (b_f^*/b_0^*) \quad (4)$$

Las variables cualitativas se realizaron proponiendo en ambos casos una escala del 1 al 5 para indicar el grado de firmeza y el aroma de la muestra, así como su cambio posterior al periodo de almacenamiento. La intensidad del aroma se determinó a través de una prueba ortonasal, indicando 1 cuando el aroma no es perceptible y 5 cuando el aroma es intenso. En el caso de la firmeza, se asignó el valor 1 a muestras blandas y 5 a muestras firmes. Es importante señalar que para las muestras frescas, antes del proceso de almacenamiento, se determinó un comportamiento uniforme tanto para el aroma, con un valor de 2, como para el caso de la firmeza, donde se consideró que las muestras frescas tenían una firmeza correspondiente a un valor de 5.

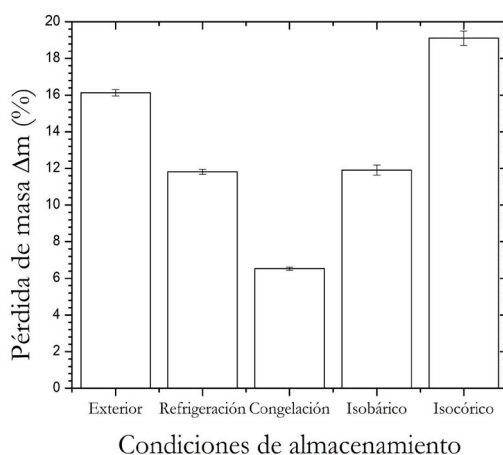
3. Resultados

De acuerdo con los resultados de pérdida de masa, se identificó que, independientemente de las condiciones de almacenamiento, siempre se presentaba pérdida de masa, asociada a deshidratación, como se aprecia en la Figura 2. A partir de la gráfica, es posible percatarse de que el tipo de almacenamiento tiene un efecto distintivo en la deshidratación de la muestra. Aquella que se almacena en seco en el congelador es la que presenta una menor deshidratación en comparación con el resto de las muestras, mientras que la que experimenta una mayor deshidratación es la almacenada en condiciones isocóricas. Sin embargo, es importante destacar que el almacenamiento en condiciones ambientales también presenta una deshidratación significativa. En general, los procesos de almacenamiento en condiciones de refrigeración, congelación e isobárico

logran mantener un producto con menor deshidratación, en comparación con la muestra control (exterior). La muestra de almacenamiento isocórico provoca una deshidratación superior a la muestra control, que podría asociarse con las condiciones de alta presión que se presentan al interior de estos contenedores en temperaturas menores a 0 °C.

Figura 2

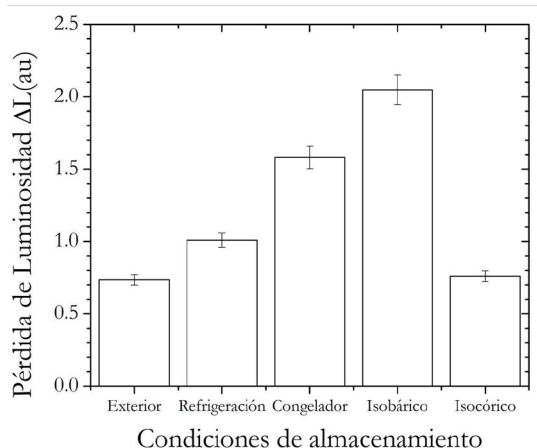
Pérdida de masa $\Delta m(\%)$ en muestras de zarzamora, después de ser almacenadas en condiciones de: Exterior, Refrigeración, Congelación, Isobárico e Isocórico.



El caso del cambio en la luminosidad de las muestras se presenta en la gráfica de la Figura 3. De acuerdo a los resultados, se vuelve evidente que las muestras pierden luminosidad con el tiempo, incluida la muestra control (Exterior). La muestra en condiciones de preservación en frío que conserva mejor su luminosidad es la almacenada en condiciones isocóricas; el resto de las muestras presenta una degradación que parece volverse más significativa en función de que las temperaturas sean menores. En el caso particular del almacenamiento isobárico, esto podría deberse a la formación de cristales de hielo alrededor de las muestras, un evento natural en estas condiciones de almacenamiento.

Figura 3

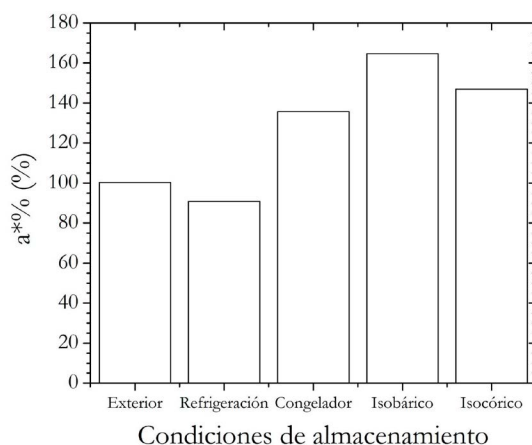
Pérdida de luminosidad $\Delta L(\%)$ en muestras de zarzamora, después de ser almacenadas en condiciones de: Exterior, Refrigeración, Congelación, Isobárico e Isocórico.



El parámetro de coloración a^* se reporta en la gráfica de la Figura 4. Los valores medidos indican un cambio en la tonalidad verde. Para la muestra que se almacenó en el exterior, se observa que conserva su tonalidad, mientras que la muestra almacenada en refrigeración presenta una pequeña pérdida en su color verde. Las muestras en congelación, isobárico e isocórico, todas en temperaturas por debajo de los 0°C , presentan un incremento significativo, destacando el caso isobárico, que permite la formación deliberada de cristales de hielo alrededor de la muestra.

Figura 4.

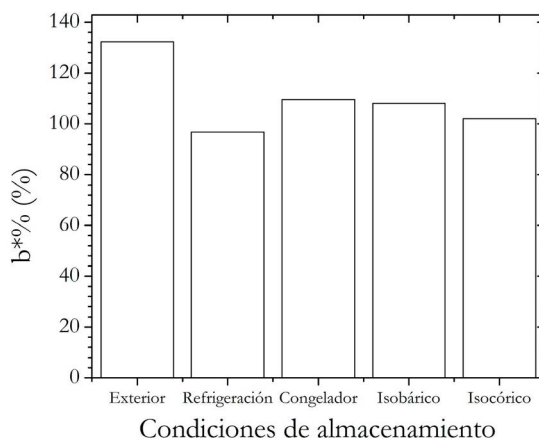
Cambio en a^* (%) en muestras de zarzamora (color verde), después de ser almacenadas en condiciones de: Exterior, Refrigeración, Congelación, Isobárico e Isocórico.



Los cambios en el parámetro b^* corresponde a cambios en la tonalidad amarilla en la muestra. Como se aprecia en los resultados de la figura 5, la muestra que experimenta un mayor incremento es la que se quedó almacenada a temperatura ambiente (33 %). La muestra que se almacena en condiciones de refrigeración presenta un decremento en la tonalidad amarilla del 5 %, mientras que las muestras almacenadas en el congelador y la isobárica presentan un incremento superior al 5 %. La muestra que permaneció en condiciones isocóricas preservó su tonalidad amarilla.

Figura 5

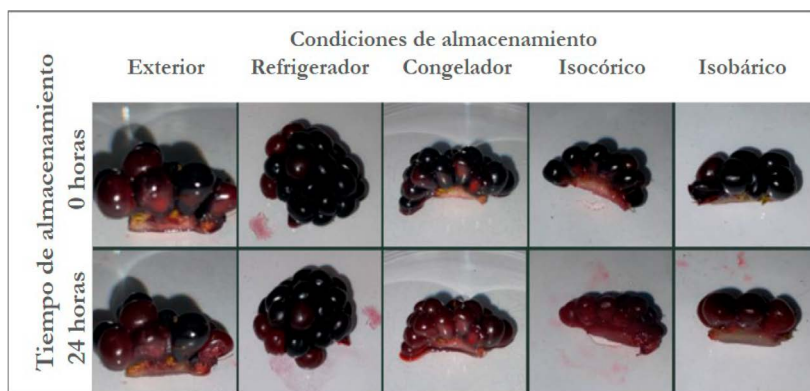
Cambio en b^* (%) en muestras de zarzamora (color amarillo), después de ser almacenadas en condiciones de: exterior, refrigeración, congelación, isobárico e isocórico.



A continuación se procederá a explicar los resultados cualitativos obtenidos. En la Figura 6 se presentan las fotografías de muestras; antes y después de ser almacenadas en las diferentes condiciones de preservación.

Figura 6

Muestras de zarzamora antes y después del periodo de almacenamiento en condiciones de: exterior, refrigeración, congelación, isobárico e isocórico.



En la Figura 6 es posible apreciar algunos de los cambios de tonalidades y luminosidad que se explicaron en las gráficas anteriores. También es posible identificar que las muestras almacenadas en condiciones de congelación, isobáricas e isocóricas parecen haberse reblandecido, lo que puede asociarse con la pérdida de firmeza. En la tabla 1 se presentan los resultados de los promedios de las propiedades de aroma y firmeza, que se midieron de forma cualitativa, los mismos que se expresan en las gráficas de las figuras 7 y 8.

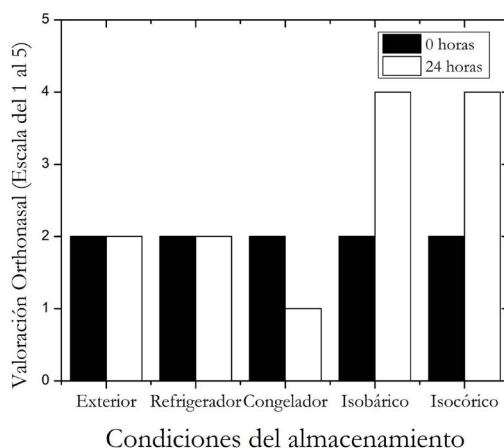
Tabla 1

Resultados de los experimentos realizados para medir de manera cualitativa el cambio en los parámetros del aroma y la firmeza de las muestras de zarzamora después del periodo de almacenamiento en condiciones de: Exterior, refrigeración, congelación, isobárico e isocórico.

Condiciones de almacenamiento	Aroma (prueba orthonasal)		Firmeza	
	0 horas	24 horas	0 horas	24 horas
Exterior	2	2	5	5
Refrigerador	2	2	5	5
Congelador	2	1	5	4
Isobárico	2	4	5	2
Isocórico	2	4	5	2

Figura 7

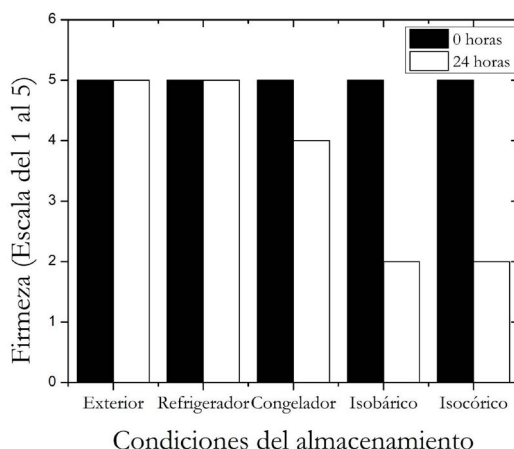
Valoración Orthonasal del aroma de las muestras de zarzamora antes y después del periodo de almacenamiento (negro 0 horas y blanco 24 horas) en condiciones de: Exterior, refrigeración, congelación, isobárico e isocórico.



De acuerdo a la valoración que se hizo a partir de la prueba orthonasal, es posible determinar que no existen cambios significativos en el aroma para las muestras en Exterior y en Refrigeración. Para el caso de la muestra en condiciones de Congelación, la muestra pierde casi completamente su fragancia. Cabe destacar que las muestras Isobárica e Isocórica, muestran un incremento significativo en la fragancia de la muestra; es importante considerar que estas muestras se almacenaron rodeadas de agua.

Figura 8

Firmeza de las muestras de zarzamora antes y después del periodo de almacenamiento (negro 0 horas y blanco 24 horas) en condiciones de: Exterior, refrigeración, congelación, isobárico e isocórico.



Por último, de la evaluación de la firmeza de las muestras, se parte de la idea de que las muestras presentan su mejor condición de firmeza cuando se encuentran frescas, asignándoles un valor de cinco, esta condición se conserva para las muestras en el exterior y en refrigeración. En el caso de las muestras almacenadas a temperaturas por debajo de 0 °C, todas presentan un deterioro en su firmeza, la que se almacena en condiciones de Congelación es la menos afectada, mientras que la Isobárica e Isocórica, presentan el mismo deterioro.

Considerando los resultados obtenidos para las pruebas cualitativa de aroma y firmeza, es importante considerar que el efecto del incremento en el aroma y la pérdida significativa de firmeza, puede estar asociado al hecho de que la muestra se encuentre rodeada de agua. El reblandecimiento de la muestra, que generalmente se asocia a la textura del alimento; así como el incremento en su fragancia, un aspecto que dependiendo de su uso puede resultar atractivo, son aspectos que deben considerarse al pensar en la aplicación que las muestras recuperadas de una preservación isocórica pudieran tener.

4. Discusión

Entre las propiedades asociadas a la calidad de las zarzamoras, se destacan aquellas que se relacionan con la deshidratación del producto, fenómeno que impacta en aspectos perceptibles por los consumidores, como la luminosidad, cambio de color, aroma o firmeza. Los experimentos realizados en este trabajo brindan información sobre el efecto de diferentes condiciones de almacenamiento en frío en muestras de zarzamoras, con el propósito de identificar si las condiciones isocóricas son favorables para este producto. De acuerdo a los resultados obtenidos, se vuelve evidente que las condiciones isocóricas son superiores en comparación con los métodos convencionales, en aspectos como el color y el aroma.

En el caso de la deshidratación de las muestras, el almacenamiento isocórico promueve una pérdida de humedad similar a dejar la muestra al exterior, mientras que al congelar el fruto seco, parece disminuir la deshidratación. Lo anterior puede deberse a que las altas presiones que pueden presentarse al interior de un contenedor isocórico pueden comprometer la integridad de la muestra, facilitando la pérdida de humedad; esto como consecuencia del incremento en la presión hidrostática causada por el agua alrededor de la muestra.

El cambio de luminosidad, demuestra que las muestras que presentan un menor cambio son la muestra en condiciones ambiente de almacenamiento (Exterior) y las del almacenamiento Isocórico. Las muestras que ven más afectado este parámetro son aquellas en congelación y en condiciones isobáricas, en que la muestra se encontraba a una temperatura por debajo de los 0 °C, posiblemente como consecuencia de la formación de cristales de hielo en la muestra. La formación de cristales de hielo se encuentra identificada como una variable que afecta negativamente las propiedades de diferentes muestras de alimento (Coriell et al., 1964), afectando no solo su coloración, sino también sus propiedades organolépticas.

Los resultados asociados a las tonalidades son particularmente interesantes porque la coloración se asocia a la disponibilidad de vitaminas y antioxidantes en las muestras. El cambio en las tonalidades verdes puede asociarse al incremento de algunos carotenoides, antocianinas, flavonoides y antioxidantes; la respuesta es más significativa cuando las temperatu-

ras de almacenamiento disminuyen por debajo de los 0 °C. Lo anterior puede ser consecuencia de un proceso natural en los frutos que previene aspectos del daño por congelamiento. El almacenamiento isocórico no presenta cambio en la tonalidad amarilla y su valor permanece cercano al de la muestra almacenada en condiciones de temperatura y presión ambiente, por lo que se deduce que su calidad es similar. Es importante considerar que, a pesar de que la muestra en condiciones isocóricas se encuentra rodeada de agua, las condiciones isocóricas inhiben la formación de cristales de hielo y, por lo tanto, el daño asociado a los mismos.

Los resultados de las pruebas orthonasales de aroma, hacen evidente que en el caso de las muestras que se encontraban secas, su aroma se fue perdiendo; algo que es posible observar en muchos alimentos que se almacenan en unidades de refrigeración al paso del tiempo. Las muestras que se conservaron en agua, tuvieron la peculiaridad de volverse más fragantes, lo que describe también al líquido que quedaba en los contenedores al recuperar las muestras.

Los resultados ofrecen aspectos positivos y negativos del almacenamiento de las zarzamoras en condiciones isocóricas; entre los aspectos positivos podemos destacar el posible incremento en la presencia de vitaminas y antioxidantes, así como un aroma más fragante. Sin embargo, el reblandecimiento y pérdida de masa son aspectos que pueden ser poco atractivos para un consumidor final. Lo anterior se entiende aplicándose a la intención de consumir el producto en comparación con un producto fresco; sin embargo, los aspectos positivos pueden resultar atractivos si se consideran otro tipo de productos derivados de las zarzamoras, como lo son las mermeladas, jaleas o jugos; es posible que esto sea atractivo también para obtener productos derivados que pueden utilizarse en la industria cosmética.

Es importante destacar que los resultados reportados corresponden al uso de dispositivos de refrigeración convencionales. Existen reportes de muestras preservadas isocóricamente donde los resultados varían dependiendo de la temperatura, habiendo reportado mejores resultados de preservación cuando la muestra se encuentra en el rango de 0 °C a -10 °C, aunque los resultados que parecen abonar a los procesos de inocuidad suceden a temperaturas en el rango de -10 °C a -20 °C.

5. Conclusiones

El almacenamiento isocórico propicia condiciones de estrés termodinámico que puede asociarse a un incremento en biomoléculas como los carotenoides o antioxidantes, como las antocianinas y flavonoides; además, de acuerdo a la luminosidad y la tonalidad amarilla, es posible sugerir que la pérdida de calidad es mínima.

Debido a que la firmeza y el aroma se consideran como parámetros de calidad relevantes, la preservación isocórica de zarzamoras es negativa en relación a la firmeza y positiva para el aroma. Considerando lo anterior, es posible que esta preservación sea más apropiada para la preservación de estos productos orientada a la obtención de productos como jugos y mermeladas.

Estos resultados presentan una perspectiva de lo que podría esperarse de la implementación del almacenamiento isocórico en berries; sin embargo, es indispensable que este tipo de experimentos se extiendan al resto de estos productos para poder determinar si las características particulares que poseen los diferentes berries pueden ocasionar que se obtengan resultados diferentes.

6. Referencias

- Angulo-Sherman, A., Serafín-García, B. R. & Monteros-Curiel, E. (2025). Sustentabilidad agroalimentaria: Preservación isocórica y el trinomio agua-energía-alimentos. En M. G. González Pérez, F. Flores Vilchez, J. Águila León & E. X. M. García García (Coords.), *Sostenibilidad, sustentabilidad y medioambiente: Nuevas tendencias* (pp. 135–154). ASTRA Editorial. <https://doi.org/10.61728/AE24004282>
- Chaves-Quesada, J. & Acosta-Montoya, O. (2023). Congelación isocórica: Ventajas y oportunidades de investigación en la industria de alimentos. *Agronomía Mesoamericana*, 34(2), e52879. <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.52879>
- Coriell, L. L., Greene, A. E. & Silver, R. K. (1964). Desarrollo histórico de la congelación de células y cultivos tisulares. *Cryobiology*, 1(1), 72–79. [https://doi.org/10.1016/0011-2240\(64\)90020-3](https://doi.org/10.1016/0011-2240(64)90020-3)

- Deltsidis, A., Rubio Ames, Z. & Espinoza, N. (2024). *Cosecha y manejo postcosecha de arándanos*. University of Georgia Extension. https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201269-SP_1.PDF
- Dhanya, R., Panoth, A. & Venkatachalapathy, N. (2023). Comprehensive review on isochoric freezing: A recent technology for preservation of food and non-food items. *Sustainable Food Technology*, 1(1), 12-25. <https://doi.org/10.1039/D3FO00012K>
- Energy, S. (2012). *Manual de eficiencia energética en la industria de alimentos elaborados*. Chile Alimentos & ACHEE. http://www.chilealimentos.com/medios/LaAsociacion/NoticiasChilealimentos2012/MANUAL_DE_Eficiencia_Energetica_Chilealimentos.pdf
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo: Alcance, causas y prevención*. <http://www.fao.org/3/a-i2697s.pdf>
- Fernández-Pavía, S. P., Rodríguez-Alvarado, G., Gómez-Dorantes, N., Gregorio-Cipriano, M. R. & Fernández-Pavía, Y. L. (2012). Enfermedades en plantas en el estado de Michoacán. *Biológicas*, 14(2), 75–84.
- Grolleaud, M. (2001). *Pérdidas postcosecha: Un concepto mal definido o mal utilizado*. FAO. <http://www.fao.org/4/ac301s/AC301s00.htm>
- Herrera Cebreros, J. M., Preciado Rodríguez, J. M. & Robles Parra, J. M. (2022). Impacto económico de las pérdidas postcosecha en los sistemas agrícolas: El sistema de uva de mesa. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 23(1), 2–17.
- La Voz del Campo. (2023, 31 de marzo). *Se incrementa producción de las berries en Jalisco*. <https://lavozdelcampo.com.mx/se-incrementa-produccion-de-las-berries-en-jalisco/>
- Lagunes-Fortiz, E. R., Lagunes Fortiz, E., Gómez-Gómez, A. A., Leos-Rodríguez, J. A. & Omaña-Silvestre, J. M. (2020). Competitividad y rentabilidad de la producción de frutillas en Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1815–1826. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2595>

- Macías Macías, A. & Sevilla García, Y. L. (2021). Naturaleza vulnerada: Cuatro décadas de agricultura industrializada de frutas y hortalizas en el sur de Jalisco, México (1980–2020). *EntreDiversidades: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 8(1), 64–91.
- Portal Frutícola. (2025, 8 de enero). *Principales problemas en la postcosecha del arándano*. <https://portalfruticola.com/noticias/2025/01/08/post-cosecha-del-arandano/>
- Powell-Palm, M. J., Preciado, J., Lyu, C. & Rubinsky, B. (2018). Viabilidad de *Escherichia coli* en un sistema isocórico a temperaturas bajo cero. *Cryobiology*, 85, 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2018.10.262>
- Powell-Palm, M. J. & Rubinsky, B. (2019). Un cambio del estado termodinámico isobárico al isocórico puede reducir el consumo de energía y aumentar la estabilidad térmica en el almacenamiento de alimentos congelados. *Journal of Food Engineering*, 251, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.02.001>
- Ríos, M. & Kaltschmitt, M. (2013). Potencial de bioenergía en México: Estado y perspectivas con alta distribución espacial. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 3, 239-254. <https://doi.org/10.1007/s13399-013-0072-4>
- Rojas Ramírez, J. J. P. (2025). Procesos de gentrificación rururbana y agroindustrialización de monocultivos en el entorno del Lago de Chapala. *Entorno Geográfico*, 29, e24814302. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i29.14302>
- Ruvalcaba-Cázares, C. P., Ponce-Hernández, A., Valdivia-Rojas, G. & Martínez-Soto, D. (2024). *La producción de la zarzamora en México y sus principales amenazas*. Avance y Perspectiva. <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/la-produccion-de-zarzamora-en-mexico-y-sus-principales-amenazas/>
- Salinas-Almaguer, S., Angulo-Sherman, A., Sierra-Valdez, F. J. & Mercado-Uribe, H. (2015). Esterilización por enfriamiento en condiciones isocóricas: El caso de *Escherichia coli*. *PLOS ONE*, 10(10), e0140882. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140882>

- TecnoAgro. (2023, 21 de enero). *Sistemas postcosecha y pérdidas de alimentos*. <https://tecnoagro.com.mx/2023/01/21/sistemas-post-cosecha-y-perdidas-de-alimentos/>
- Wan, L., Powell-Palm, M. J., Lee, C., Gupta, A., Weegman, B. P., Clemens, M. G. & Rubinsky, B. (2018). Preservación de corazones de rata a temperatura subcongelante en condiciones isocóricas hasta -8°C y 78 MPa. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 496(3), 852-857. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2018.01.140>
- Yahia, E. (2017). *Manejo y tecnología postcosecha de berries*. Intagri S. C.

Capítulo 2.2

Riesgos en la disposición final de la vinaza del Tequila: Alternativas de sostenibilidad

Covarrubias del Toro Rafael¹

Estrada Vargas Arturo²

García García Edith Xio Mara³

González Pérez Mario Guadalupe⁴

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20259686>



¹ Estudiante del Doctorado en Agua y Energía del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. e-mail: rafael.covarrubias5256@alumnos.udg.mx

² Profesor-Investigador del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. e-mail: arturo.estrada@cutonala.udg.mx

³ Profesora-Investigadora del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. e-mail: xio.garcia@academicos.udg.mx

⁴ Profesor-Investigador del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. e-mail: mario.gperez@academicos.udg.mx

1. Introducción

La industria del tequila es fuente de aproximadamente 70 000 empleos en México. En el estado de Jalisco, ubicado en la región occidente de nuestro país, existen municipios donde esta industria emplea al 25 % de la población económicamente activa. La producción del tequila ha ido incrementándose cada año, alcanzando una producción de 528 millones de litros en el año 2024 (Consejo Regulador del Tequila, 2025). La materia prima de la que se obtiene el tequila es el agave azul, o agave tequilana Weber, el cual es procesado para la extracción de aguamiel, una bebida natural azucarada. El aguamiel es hervido y fermentado. Una vez fermentado, se lleva a un proceso de destilación, del cual se obtienen dos contaminantes: el bagazo, un residuo sólido obtenido del agave, y la vinaza, la cual es un agua residual obtenida del proceso de destilación del agave (López et al., 2010, 2016).

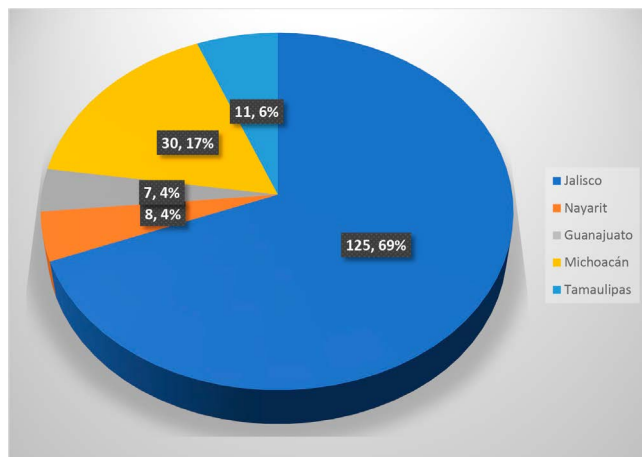
Por cada litro de tequila producido, se obtienen 10 o 12 litros de vinaza tequilera (Ferral, 2016), y en los trabajos de otros investigadores mencionan que se obtienen de 9 a 14 litros de vinaza tequilera por cada litro producido de tequila (Rodríguez et al., 2020). Se estima entonces que en 2024 se generaron como subproducto cerca de 6 000 millones de litros de vinaza tequilera. En términos generales, las características fisicoquímicas de las vinazas son valores bajos de pH, alta Demanda Química de Oxígeno (DQO) y una coloración café oscura (Ferral et al., 2016). Estas características de las vinazas son las que causan graves daños y altos riesgos de contaminación y a la salud al ser depositadas en los cuerpos de agua y el suelo.

Para determinar la calidad de este efluente (vinaza tequilera), se emplean parámetros entre los que se incluyen: Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Disueltos Totales (SDT), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), cuyos límites se especifican en la norma NOM-001-SEMARNAT-2021.

En Jalisco, nuestro estado, la producción industrial de tequila está presente, y se ha recurrido a la irrigación del agua residual de vinaza tequilera a los suelos o campos agrícolas, ya que los agricultores consideran que el agua residual es benéfica para el suelo debido a su alto contenido en materia orgánica y diversos nutrientes. Realmente hay pocos estudios documentados al respecto, en cuanto a los procesos de nitrificación y desnitrificación del suelo, así como los cambios en la ecología microbiana ocasionada por la irrigación del agua residual de vinaza tequilera (Morán, 2015). La planta endémica *Agave tequilana* Weber o agave azul tiene denominación de origen comprendida en 181 municipios, de los cuales 125 son del estado de Jalisco, 8 de Nayarit, 7 de Guanajuato, 30 de Michoacán y 11 de Tamaulipas (Iñiguez et al., 2005), como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

*Denominación de origen de la planta endémica *Agave Tequilana* Weber*



Fuente: Elaboración propia con datos de Iñiguez et al., 2005.

La producción de tequila genera residuos como lo son el bagazo y las vinazas. Las vinazas son el desecho líquido que queda después de producir el tequila. Estas vinazas quedan en el fondo de los alambiques una vez que se ha llevado a cabo la destilación del agave fermentado. Se tiene estimado que se generan entre 10 y 12 litros de vinaza tequilera por cada litro de tequila producido (Marino et al., 2015).

Una gran cantidad de vinazas no recibe un tratamiento completo y adecuado de acuerdo con la normatividad vigente (NOM-001-SEMARNAT-2021) antes de ser descargado en los cuerpos de agua (lagos, ríos, presas, arroyos) y alcantarillado municipal o suelos agrícolas (Iñiguez et al., 2015).

Las vinazas tequileras tienen una concentración elevada de materia orgánica de 35 000 a 60 000 mg l⁻¹ como DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), de 60 000 a 100 000 mg l⁻¹ como DQO (Demanda Química de Oxígeno), y un pH de 3 a 4; a su vez, una alta concentración de sólidos suspendidos y disueltos, iones de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Linerio-Gil y Guzmán-Carrillo, 2004). Una alta concentración de carga orgánica (como es el caso de las vinazas tequileras), al ser descargada a los cuerpos de agua, compromete el oxígeno disuelto en estos (Tchobanoglous et al., 1991 y López et al., 2010).

En el año 2022, se estimó que el $69 \pm 14\%$ de las vinazas de aguas residuales en el estado de Jalisco recibe un tratamiento completo, y se descarga en el suelo o es usado para riego. Un $25 \pm 5\%$ recibe un tratamiento incompleto en el cual sólo se regula su temperatura y su pH, para ser descargado en el suelo o usado para riego. Otro $4 \pm 1\%$ es tratado por una compañía externa (Zurita et al., 2022). El motivo o principal razón por la que las empresas tequileras descargan agua residual de vinazas tequileras sin un tratamiento completo a los cuerpos de agua es debido a su limitación económica para conseguir tecnologías que den un tratamiento completo a su agua residual de vinaza tequilera (Díaz-Vázquez et al., 2021).

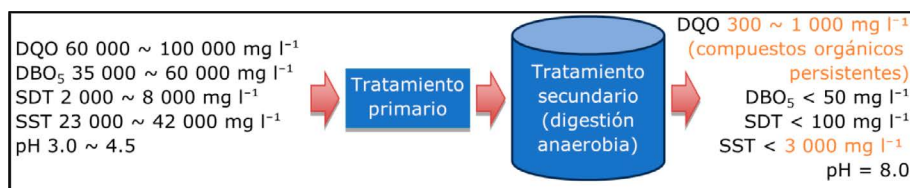
Al ser modificada la NOM-001-SEMARNAT-1996 por su versión 2021, se limitó el valor de la DQO (Demanda Química de Oxígeno) a 150 mg l⁻¹ (Covarrubias, 2023). Las plantas productoras de tequila que dan un tratamiento convencional a este tipo de aguas residuales emplean procesos primarios, secundarios y terciarios que son biológicos y fisicoquímicos (López et al., 2010). Este tipo de tratamientos logra remover más del 90 % de compuestos orgánicos, alcanzando valores finales de DQO entre 300 y 1000 mg l⁻¹, que corresponden a la presencia de compuestos orgánicos persistentes, que en su mayoría son compuestos fenólicos (Arreola-Vargas et al., 2016; Castillo-Monroy et al., 2020; Colin et al.,

2016). Aun así, estos valores de DQO superan el límite establecido por la norma para la descarga de este efluente a los cuerpos de agua, que es de 150 mg l^{-1} (SEMARNAT, 2022).

En la Figura 2, se muestra el tren de tratamiento convencional de vinaza tequilera.

Figura 2.

Esquema del tratamiento convencional de vinaza tequilera.



Fuente: Elaboración propia

La vinaza tequilera, al ser depositada en los cuerpos de agua, se va degradando y va consumiendo el oxígeno disuelto en dichos cuerpos, lo que provoca la muerte de la flora y fauna acuática. Para determinar lo que es el oxígeno consumido en los cuerpos de agua, se emplean los parámetros conocidos como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO). Las vinazas tequileras tienen niveles altos en estos parámetros. Uno de los riesgos que se presenta es la afectación de los mantos freáticos y aguas superficiales, al ser la vinaza infiltrada en el suelo como al ser descargada en lagos y ríos, contaminando el agua potable y afectando a poblaciones o comunidades aledañas, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3.

Contaminación de las vinazas tequileras en los cuerpos de agua.

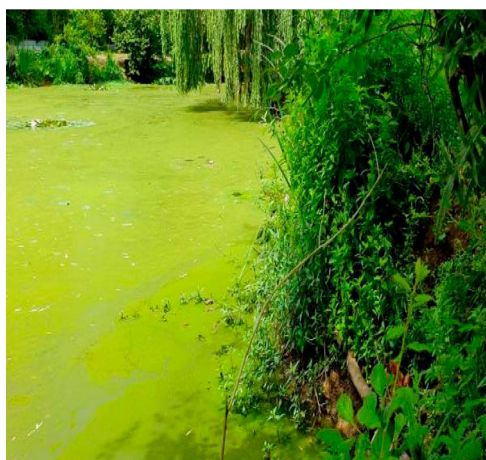


Fuente: El Mural, 2021

La eutrofización es otro de los riesgos que vienen con el manejo de las vinazas tequileras (Figura 4), el cual consiste en la alteración de los ecosistemas acuáticos y la generación de zonas muertas por la floración de algas, las cuales se provocan por los altos contenidos de nutrientes (como lo son el fósforo y el nitrógeno) contenidos en las vinazas tequileras.

Figura 4.

Eutrofización de un cuerpo de agua.



Fuente: bioenciclopedia, 2023

La vinaza tequilera tiene un pH muy bajo (entre 3 y 4), por lo que, al ser depositada en los suelos, puede acidificarlos, haciéndolos menos aptos para el cultivo de productos agrícolas. También puede generar la salinización del suelo por la acumulación de metales pesados y sales, lo que afecta también la producción agrícola y el crecimiento de plantas, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5.

Depósito de vinaza tequilera al suelo.

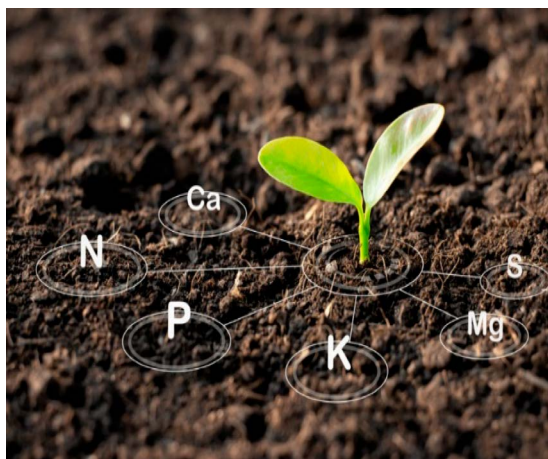


Fuente: Nota informativa sobre innovaciones en materia de productividad del sector, 2016

Las vinazas tequileras pueden generar gas metano (CH_4), el cual tiene un calentamiento 25 veces mayor al dióxido de carbono (CO_2). El gas metano es generado de forma anaerobia durante el proceso de fermentación de vinazas tequileras en lo que se conoce como lagunas de oxidación (Figura 6). Producen también óxidos de nitrógeno (NO_x), los que contribuyen a la formación de lluvia ácida y smog. A estos gases se les conoce o clasifica como Emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

Figura 6*Laguna de oxidación**Fuente: Ingeniería ambiental, 2020*

La descomposición de la materia orgánica contenida en la vinaza tequilera genera malos olores, como el del ácido sulfhídrico (H_2S), conocido también como sulfuro de hidrógeno, un gas con un aroma a huevo podrido que en altas concentraciones puede llegar a ser tóxico. Otros de los riesgos ambientales son la alteración de microorganismos que son benéficos para el suelo y lo que es el efecto tóxico en organismos acuáticos como terrestres, es decir, en la flora y fauna local, como se había mencionado anteriormente. Con respecto a lo que es la alteración de microorganismos que son benéficos para el suelo, la vinaza tequilera puede afectar a lo que se conoce como la microbiota del suelo (Figura 8), que es la capacidad para llevar a su descomposición a la materia orgánica y a su vez reciclar nutrientes. Estos dos últimos riesgos ambientales que se mencionaron se conocen o clasifican como pérdida de biodiversidad.

Figura 8*Microbiota del suelo**Fuente: microendo, 2024*

La literatura sobre el efecto de vinazas tequileras en suelos es escasa, y es nula la información sobre su efecto en la generación de gases de efecto invernadero (Morán, 2015). La vinaza tequilera contiene sales de potasio y una variedad de metales pesados como lo son el arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo, zinc y compuestos con cianuro, los cuales son un riesgo para la salud humana. Con respecto a los riesgos para la salud humana que se presentan al tener contacto directo con las vinazas, se clasifican en las siguientes enfermedades y afecciones:

a) Problemas respiratorios por la inhalación de gases tóxicos.

La vinaza tequilera, al ser fermentada o descomponerse, genera gases como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), amoníaco (NH_3) y metano (CH_4), que son gases que pueden causar irritación en las vías respiratorias (tos, dificultad para respirar), dolores de cabeza y mareos al tener exposición leve al sulfuro de hidrógeno (H_2S), así como pérdida del conocimiento e inclusive la muerte si se tiene exposición prolongada a concentraciones altas de sulfuro de hidrógeno (H_2S).

b) Enfermedades gastrointestinales por consumo de agua contaminada. Las vinazas tequileras al contaminar cuerpos de agua, pueden provocar enfermedades como gastroenteritis (con vómitos, fiebre y diarrea),

daño hepático y renal a largo plazo por intoxicaciones con metales pesados contenidos en las vinazas tequileras, y una enfermedad conocida como leptospirosis cuyos síntomas son ictericia, fiebre alta, insuficiencia renal causada por bacterias que proliferan o habitan en los cuerpos de agua contaminados con materia orgánica o compuestos orgánicos persistentes provenientes de las vinazas tequileras.

c) Afecciones en la piel y ojos por contacto directo.

Las afecciones en la piel y ojos que puede causar la vinaza tequilera al tener contacto directo son dermatitis (irritación y quemadura en la piel), úlceras o heridas por exposición prolongada, irritación ocular severa que se presenta como enrojecimiento, lagrimeo y visión borrosa; que son afecciones presentadas debido a la acidez y toxicidad de la vinaza.

d) Problemas neurológicos y hepáticos por exposición prolongada a metales pesados.

Las vinazas tequileras pueden contener plomo, cadmio y arsénico, que al exponerse a esto por prolongado tiempo puede causar daño hepático y renal, dificultando la eliminación de toxinas del cuerpo, así como trastornos neurológicos, como son problemas de concentración y pérdida de memoria.

Los grupos de riesgo más afectados por la exposición a las vinazas tequileras son:

- a) Trabajadores de la industria tequilera, por su contacto directo o manejo.
- b) Comunidades cercanas a plantas tequileras, por la contaminación del agua y aire

Figura 9

Canal contaminado en Tequila, Jalisco



Fuente: Jornada, 2024

c) Los agricultores que utilizan la vinaza como fertilizante sin un tratamiento adecuado.

Figura 10

Utilización de vinazas como aguas de riego en campo de cultivo.



Fuente: Linkeldn, 2023

La contaminación del agua, aire y suelo afecta a los ecosistemas y a las comunidades humanas, provocando degradación en el medio ambiente, como también enfermedades, en este caso, debido al manejo inadecuado en las vinazas tequileras. ¿Cómo se pueden manejar o tratar adecuadamente las vinazas tequileras para evitar riesgos ambientales y de salud en las comunidades? Actualmente, se cuenta con procedimientos tecnológicos y de investigación para dar un tratamiento y manejo a las vinazas tequileras.

Las tecnologías de tratamiento y reutilización que hay para las vinazas tequileras son las siguientes:

- 1) Plantas de tratamiento de aguas residuales para disminuir la carga orgánica y toxicidad.
- 2) Uso de biodigestores para la producción de biogás y así evitar la emisión de GEI (gases de efecto invernadero).
- 3) Aplicación controlada en el riego de suelos agrícolas para evitar toxicidad y daño en los suelos.
- 4) Monitoreo ambiental sustentado en normativas para la protección del medio ambiente y la salud pública.

Los tratamientos para las vinazas tequileras se clasifican de la siguiente manera:

- 1) Tratamientos biológicos:

Digestión aerobia: Es un proceso biológico, en el que la materia orgánica, en ausencia de oxígeno, y mediante la acción de un grupo de determinadas bacterias, se descompone en biogás, con un alto porcentaje de gas metano (CH₄). (Biomasa, digestores anaerobios, IDAE, 2007)

Digestión aerobia: En este proceso se utilizan microorganismos que requieren oxígeno para degradar la materia orgánica, descomponiéndola en agua y dióxido de carbono. (Manual de Biogás, 2011)

2) Coagulación-Floculación:

Consiste en lo que es la adición de coagulantes y floculantes que facilitan que las partículas suspendidas se aglomeren lo que lleva a una mejor sedimentación y clarificación del agua residual de la vinaza tequilera. (Ferral-Pérez (2016), Tratamiento de Vinazas Tequileras por Coagulación-Floculación empleando un biopolímero acoplado a ozonación catalítica, pp. 17)

3) Adsorción con biochar:

Este método emplea un material carbonoso obtenido de biomasa conocido como biochar, cuya función es la de adsorber los contaminantes presentes en las vinazas, disminuyendo la carga orgánica y mejorando la calidad del efluente, en este caso, la vinaza. (López-Covarrubias, Aguilar Juárez; 2023)

4) Tecnologías de separación mecánica:

El empleo de equipos como centrifugadores y decantadores permite el separar de una forma eficiente los sólidos presentes en las vinazas para facilitar tanto su manejo como su disposición final. (Flottweg, 2025)

5) Biorrefinería:

Con este concepto o enfoque se pretende obtener diversos tipos de energía como lo son la bioelectricidad, gas metano e hidrógeno o biohidrógeno, aplicando procesos biotecnológicos a las vinazas tequileras. (Díaz Barajas et al., 2022)

6) Humedales artificiales:

Los humedales artificiales son una alternativa para el tratamiento de vinazas tequilera, la cual es una alternativa sostenible y efectiva, ya que tiene las ventajas de ser económico su construcción, mantenimiento y funcionamiento. Mencionamos algunos de los tratamientos de estos humedales.

Tratamiento terciario de vinazas tequileras en humedales artificiales con lirio acuático y pastos pará y vetiver:

En este estudio se evaluó un sistema de humedales artificiales con lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en una primera celda, y en celdas posteriores pastos pará (*Panicum purpurascens*) y vetiver (*Vetiveria zizanioides*). Los resultados obtenidos fueron buenos, ya que dio una disminución significativa en la carga orgánica y otros contaminantes presentes en las vinazas tequileras. (Guadalupe Cantor G. et al., 2001).

Proceso de tratamiento de vinazas:

El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) también desarrolló un proceso que incluye pretratamiento fisicoquímico, tratamiento biológico avanzado y postratamiento en humedales artificiales con lirio acuático y pastos pará y vetiver; demostrando ser eficaz en la depuración de aguas residuales en la producción de tequila. (ciatej.mx)

Tratamiento de vinazas tequileras en humedales verticales de flujo descendente a escala piloto:

Este estudio evaluó la eficiencia de humedales verticales de flujo descendente plantados con *Iris sibirica* para el tratamiento de vinazas tequileras. Los resultados indicaron una remoción efectiva de materia orgánica y otros contaminantes, destacando la viabilidad de esta tecnología para el tratamiento de efluentes de la industria tequilera. (Zurita et al., 2023)

Otros trabajos de investigación que se han realizado y que también se están desarrollando para el tratamiento de vinazas tequileras son los siguientes:

Remoción de Demanda Química de Oxígeno por combinación de electro-coagulación con ozonificación.

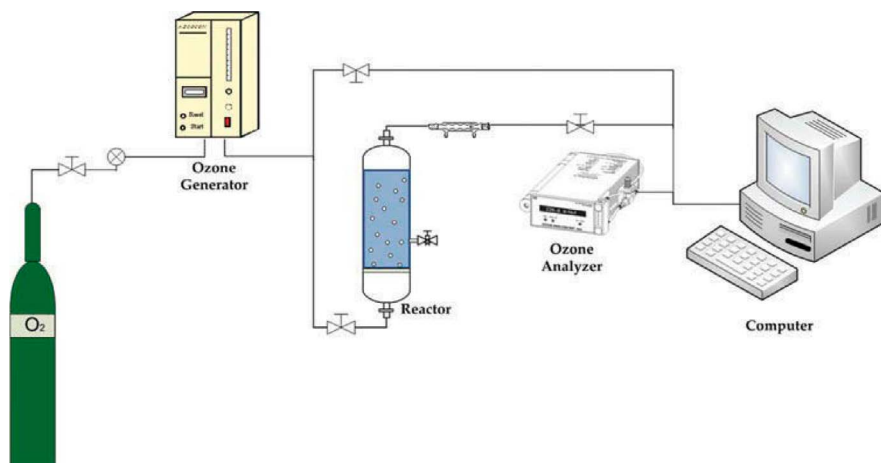
La combinación de electrocoagulación y ozonificación es una alternativa prometedora para la remoción de la demanda química de oxígeno en aguas residuales, en ese caso proveniente de vinazas tequileras.

La electrocoagulación es un proceso en el que se utilizan electrodos de aluminio o hierro que generan coagulantes por medio de electrólisis.

El gas ozono (O_3), es un agente oxidante muy fuerte y potente que descompone compuestos orgánicos complejos, como los que contiene la vinaza tequilera, lo que como consecuencia mejora la biodegradabilidad disminuyendo la demanda química de oxígeno, por lo que la combinación de estas tecnologías disminuye la carga orgánica inicial lo que facilita la oxidación posterior por el gas ozono, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Remoción de Demanda Química de Oxígeno por combinación de electro-coagulación con ozonificación, logrando una remoción del 26.70%.



Fuente: Ferral-Pérez et al; 2016

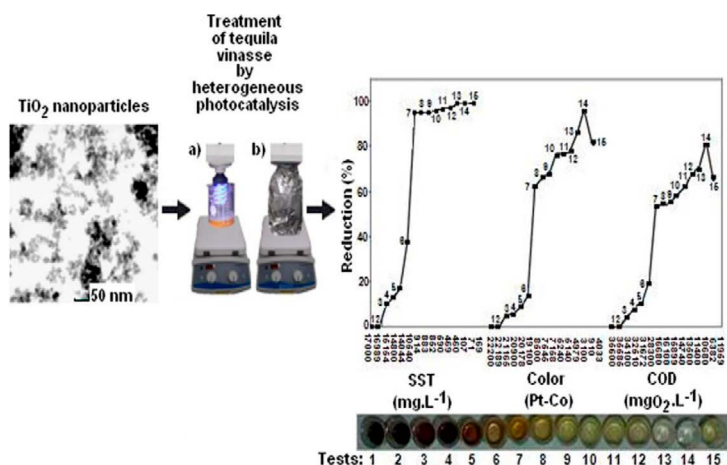
a) Remoción de Demanda Química de Oxígeno por coagulación-floculación y fotocátalisis heterogénea.

El proceso de coagulación floculación debido a su capacidad para eliminar materia orgánica, sólidos suspendidos como contaminantes coloidales es ampliamente usado para el tratamiento de aguas, que en este caso nos referimos a las vinazas tequileras. Para ello en este proceso se utilizan coagulantes y floculantes.

En referencia a la fotocátalisis heterogénea, es un proceso de oxidación avanzada que utiliza un semiconductor el cual es activado por luz solar o luz ultravioleta, lo cual genera lo que se conoce como

especies reactivas de oxígeno, que degradan contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales. Los semiconductores usados en este proceso pueden ser óxido de zinc (ZnO) y dióxido de titanio (TiO_2). La combinación de los procesos mencionados anteriormente tiene las ventajas de que disminuye la turbidez del agua a tratar, mejorando la transmisión de la luz para que se lleve a cabo la fotocatalisis, como se muestra en la Figura 12, logrando una remoción de Demanda Química de Oxígeno del 70 %.

Figura 12
Fotocatálisis

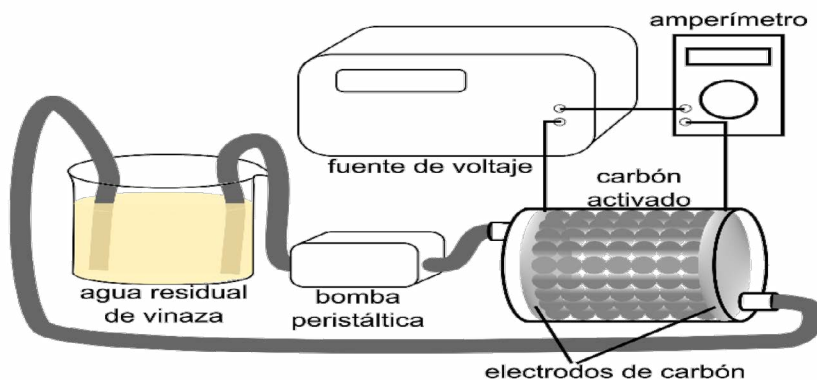


Fuente: Rodríguez-Arreola, 2020

b) Remoción de demanda química de oxígeno a través de un reactor de adsorción/electro-oxidación.

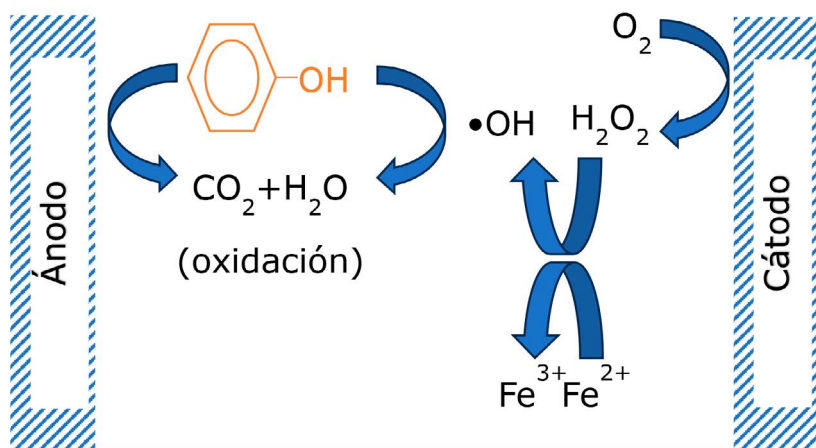
Esta tecnología es un gran método o estrategia eficiente para el tratamiento de aguas residuales con gran carga orgánica como lo son las vinazas tequileras, ya es una combinación de la degradación electroquímica de los compuestos orgánicos en las vinazas tequileras con la eliminación física de estos por adsorción. Esta tecnología logró una remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) del 85 % con un gasto energético de 9mWh mg DQO^{-1} .

Figura 13.
Demanda Química de Oxígeno



Fuente: Castillo-Monroy et al; 2021

- c) Remoción de demanda química de oxígeno por método electro-Fenton
Este proceso combina lo que es la química del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) con electroquímica, y una sal de hierro (específicamente sulfato ferroso heptahidratado, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), donde el hierro actúa como un catalizador, el que genera radicales hidroxilo que degradan los compuestos orgánicos persistentes en la vinaza tequilera. Con este reactor se logró una remoción del 40 %, con un consumo energético de $0.7 \text{ mWh mg DQO}^{-1}$ utilizando telas de carbón como electrodos, las cuales fueron calcinadas a 600°C .

Figura 14*Reactor electro-oxidación-Fenton**Fuente: Covarrubias-del-Toro, R. 2023*

2. Metodología

El proceso metodológico se desarrolló bajo un enfoque documental y cualitativo, orientado al análisis crítico de fuentes bibliográficas, artículos científicos, informes técnicos y normativas ambientales relacionadas con la producción de tequila y el manejo de la vinaza tequilera en el estado de Jalisco, México.

El objetivo principal fue identificar y analizar los riesgos ambientales y de salud asociados con la disposición inadecuada de este efluente, así como mencionar las alternativas sostenibles para su tratamiento, disposición final, las investigaciones que se han realizado y se están realizando con la finalidad de mejorar y resolver la problemática tratada en este trabajo.

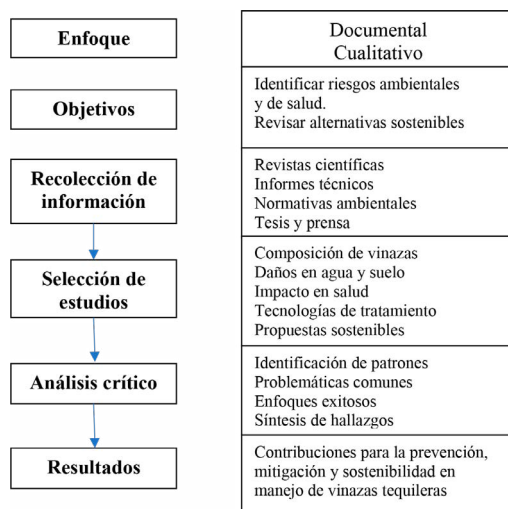
La recolección de información se llevó a cabo mediante la revisión, consulta académica y técnica, publicada en sitios web de revistas científicas como Springer Nature, Frontiers in Environmental Science, Elsevier, Springer Plus, Royal Society of Chemistry, MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute), The Journal of the International Ozone Association, Environmental Technology, Tecnología y Ciencias del Agua Consejo Regulador del Tequila, SEMARNAT, Casa Sauza, sitios web

de los periódicos *La Jornada*, *El Mural*, y algunas tesis de posgrados de universidades de México.

Se incluyó información de estudios que abordan: a) la composición química de la vinaza tequilera, b) los daños que causan en los cuerpos de agua y suelo, c) el impacto en la salud humana, d) tecnologías emergentes y tradicionales para el tratamiento de vinazas (primario, secundario y terciario) y e) propuestas sostenibles para su manejo, prevención y valorización. La información seleccionada fue analizada y revisada de una manera crítica para obtener y sintetizar los hallazgos más relevantes. Se identificaron patrones, problemáticas comunes y enfoques exitosos que puedan contribuir a la generación de soluciones sostenibles, con énfasis en la prevención de impactos y la mitigación de riesgos.

Figura 15

Diagrama del proceso metodológico.



Fuente: Covarrubias-del-Toro, R. 2023

En la Tabla 1 se muestra el origen de los diversos tipos de vinazas que se generan en algunos países. Vinazas de la caña de azúcar, de la remolacha azucarera, del mezcal, y el tequila, siendo México el único país donde se generan vinazas generadas por la producción de mezcal y tequila, por lo que la información que se encontró con respecto a los riesgos en la salud en el manejo de vinazas tequileras fue muy general.

Tabla 1
Origen y producción de vinazas

Tipo de vinaza	Materia prima	Origen	Producción de estimaciones	Productores en el mundo	Referencias
Caña de azúcar	Saccharum Officinarum	En la destilación de etanol	En Brasil: 10-15 L por litro de etanol	Brasil, India, China, Pakistán, Tailandia, México, Colombia, Australia, Sudáfrica y Cuba.	Bassanta et al., (2003).
Remolacha azucarera	Beta vulgaris	En la destilación de etanol	9-14 L por litro de etanol	Alemania, Francia, Polonia, Reino Unido, Canadá, Estados Unidos, Corea del Sur, Japón e India.	Prasad et al.,(2008)
Mezcal	Agave Salmiana, Agave angustifolia, Agave potatorum	En la destilación y etapa de rectificación	De 8 a 15 L por litro de mezcal	México	Robles-González et al., (2012)
Tequila	Agave Tequilana Weber var. Azul	En la destilación	10 L por litro de Tequila	México	Méndez-Acosta et al., (2010)

Fuente: Moran-Salazar et al., 2016

3. Resultados

Desde hace 25 años o más, en la zona conocida como denominación de origen del tequila, comprendida en los 181 municipios de nuestro país, se ha elevado a gran escala la producción de esta bebida y, por lo tanto, también la generación de bagazo y vinaza tequilera, lo cual ha provocado complicaciones en su manejo y tratamiento previo, provocando riesgos ambientales y riesgos en la salud humana.

Al hacer mención de algunas de las tecnologías e investigaciones que se están realizando y desarrollando para el tratamiento de vinazas tequileras, podemos percatarnos de que se realizan esfuerzos buscando y proponiendo alternativas sostenibles y de prevención para su uso y disposición con la finalidad de disminuir o eliminar los riesgos que se han mencionado anteriormente.

Las investigaciones realizadas con respecto al tratamiento de vinazas (específicamente las generadas por la producción de tequila) son nuevas o recientes, ya que tienen menos de 20 años que se comenzaron a realizar, por lo que no hay suficiente información acerca de ello, ni de los riesgos ambientales y de salud provocados por su manejo y disposición.

Por lo que se debe mencionar que este artículo es una investigación documental o de difusión sobre los riesgos anteriormente mencionados que se presentan al no tratar adecuadamente la vinaza tequilera y sobre las alternativas sostenibles para su manejo y prevención. Son alternativas sostenibles, ya que son tecnologías para ayudar a la preservación del medio ambiente, el cuidado de salud de los habitantes de las poblaciones aledañas a los municipios o localidades donde se ubican las fábricas de tequila de manera indirecta, y a preservar las condiciones sociales y económicas de los mismos habitantes mencionados anteriormente.

4. Discusión

La vinaza tequilera, es un residuo líquido generado en grandes cantidades por empresas tequileras, que por lo expuesto anteriormente representa un serio desafío ambiental y de salud debido a la gran cantidad de compuestos orgánicos persistentes, acidez y presencia de compuestos tóxicos a pesar de ser procesada por tratamientos primarios y secundarios. A partir del análisis documental realizado, se observa que, aunque existen normativas y estudios que advierten sobre sus riesgos (SEMARNAT, 2021), el manejo y disposición de este efluente sigue siendo inadecuado.

Por lo expuesto en este artículo fundamentado en las diversas fuentes consultadas, coinciden en que el vertido directo de vinaza al suelo o cuerpos de agua sin tratamiento previo provoca daños ecológicos, como lo es la degradación del suelo, la contaminación de aguas subterráneas y

afectaciones a la flora y fauna acuática, y a la vez riesgos en la salud de los habitantes de las comunidades aledañas donde se depositan o vierten este tipo de vinaza o efluente. Estas prácticas comunes son muestra de la brecha existente entre el conocimiento técnico disponible y su aplicación en la práctica.

Se han identificado alternativas sostenibles que han demostrado ser viables en otros contextos, como el uso de vinaza en biodigestores para generar biogás, su empleo como fertilizante orgánico bajo ciertas condiciones de tratamiento, o incluso su uso en la producción de bioetanol (Martínez-Castillo et al., 2023). Pero para desarrollar o implementar estas soluciones se requiere de inversión, infraestructura y voluntad política para su implementación efectiva.

En este contexto es necesario establecer una buena gestión de la vinaza tequilera, por lo que no debe ser considerado únicamente como un problema técnico, sino también como un reto de responsabilidad social empresarial y acción gubernamental. La prevención de impactos ambientales y de salud depende tanto de la innovación tecnológica como de la coyuntura entre productores, autoridades y comunidades locales.

Finalmente, existe un vacío importante en la literatura o documentación referente a estudios de caso aplicados a lo que son pequeñas y medianas empresas productoras de tequila, las cuales enfrentan limitaciones para adquirir, acondicionar y adaptar tecnologías limpias. Por lo que las investigaciones que se están realizando y futuras a realizarse deben centrarse en el diseño de estrategias escalables, de bajo costo y con enfoque territorial que permitan una gestión ambientalmente adecuada de la vinaza y así disminuir o eliminar los riesgos mencionados.

5. Conclusiones

A raíz de que hace poco más de 25 años que se incrementó la producción del tequila en la zona de nuestro país conocida como denominación de origen, la gestión de la vinaza generada por la industria tequilera no ha sido la adecuada; lo que representa un problema ambiental y de salud que requiere de una mayor atención integral. A través de esta investigación documental, se identificaron los principales riesgos asociados a su

disposición final, entre ellos la contaminación de suelos y cuerpos de agua, el deterioro de la biodiversidad y diversos tipos de enfermedades en las poblaciones aledañas donde son depositadas las vinazas sin tratar. Aunque existen y se están desarrollando alternativas tecnológicas y sostenibles viables, su aplicación aún es limitada, específicamente entre las pequeñas y medianas empresas productoras de tequila.

Por lo anteriormente expuesto, es evidente que existe la necesidad de fortalecer los marcos regulatorios, promover una acción gubernamental y responsabilidad social empresarial, que establezca coyuntura con las comunidades. La prevención de impactos ambientales y de salud no deben depender exclusivamente del tratamiento posterior de este tipo de efluentes, sino de una innovación profunda en los modelos de producción y responsabilidad social de la industria tequilera, en este caso.

Por lo que, es necesario desarrollar una gestión que sea sostenible para el tratamiento, manejo y disposición la vinaza tequilera, lo cual es urgente y requiere de voluntad política, innovación tecnológica y una visión ambiental que esté comprometida con el futuro de la zona donde se produce el tequila.

Referencias

- Arreola, A. R., Tizapa, M. S., Zurita, F., Morán-Lázaro, J. P., Valderrama, R. C., Rodríguez-López, J. L., & Carreon-Alvarez, A. (2020). Treatment of tequila vinasse and elimination of phenol by coagulation-flocculation process coupled with heterogeneous photocatalysis using titanium dioxide nanoparticles. *Environmental Technology*, 41(8), 1023–1033. <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1518994>
- Cantor G. Guadalupe., Guzmán C Abel., Linerio G. Josefina (2001). *Tratamiento Terciario de vinazas tequileras en humedales artificiales, con lirio acuático y pastos Pará y Vetiver*.
- Castillo-Monroy, J., Godínez, L. A., Robles, I., y Estrada-Vargas, A. (2020). *Study of a coupled adsorption/electro-oxidation process as a tertiary treatment for tequila industry wastewater*. Environmental Science and Pollution Research. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11031-4>

- Consejo Regulador del Tequila. (2024). *Información estadística*. <https://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/>
- Covarrubias-del-Toro, R. (2023). *Desarrollo de un reactor electro-Fenton para la remoción de la demanda química de oxígeno en agua residual de vinaza tequilera* [Tesis de maestría]. Universidad de Guadalajara.
- Covarrubias-Del-Toro, R., Huerta-Rocha, M., Lezama, L., García, E. X. M., y Estrada-Vargas, A. (2023). Hydrogen peroxide formation in carbon clothes for enhancement of an electro-oxidation tertiary treatment for tequila vinasse wastewater. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1059259. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1059259>
- Díaz-Barajas, S., CIIDIR-Durango, Instituto Politécnico Nacional, Durango, México, Moreno-Andrade, I., Garzón-Zúñiga, M. A., Institute of Engineering, Universidad Nacional Autónoma de México, Querétaro, México, & Instituto Politécnico Nacional, Durango, México. (2024). Mezcal vinasses treatment: A review of assessed processes. *Tecnología y ciencias del agua*, 15(2), 164–206. <https://doi.org/10.24850/j-ty-ca-15-02-04>
- Díaz-Vázquez, D., Carrillo-Nieves D., Orozco Nunelly., Senés-Guerrero, C., Gradilla-Hernández, M., (2021). *An Integrated Approach for the Assessment of Environmental Sustainability in Agro-Industrial Waste Management Practices: The case of Tequila Industry*. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.682093>
- Fenton, H. J. H. (1894). LXXIII.—Oxidation of tartaric acid in presence of iron. *J. Chem. Soc., Trans.*, 65(0), 899–910. <https://doi.org/10.1039/CT8946500899>
- Ferral-Pérez, H., Torres., Torres-Bustillo, L.G., Méndez H., Rodríguez-Santillán & Chaires I. (2016). *Sequential Treatment of Tequila Industry Vinasses by Biopolymer-Based Coagulation/Flocculation and Catalytic Ozonation*. <https://doi.org/10.1080/01919512.2016.1158635>
- Iñiguez, G., Acosta, N., Martínez, L., Parra, J., Gonzalez, O (2005). Utilización de subproductos de la Industria Tequilera Parte 7. Compostaje de bagazo de agave y vinazas tequileras. *Rev. Int. Contam. Ambient* 21(1) 37-50, 2005. <https://www.linkedin.com/pulse/vinazas-en-la-agricultura-estrategias-kmw0c/> <https://www.flottweg.com/es/>

- Jornada, L., & Juan Carlos G. Partida y Daniel González, E. (2024, noviembre 11). Tequileras contaminan cuerpos de agua en Jalisco. *La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/noticia/2024/11/11/estados/tequileras-contaminan-cuerpos-de-agua-en-jalisco-9209>
- Marino-Marmolejo, E.N., Corbala-Robles, L., Cortez-Aguilar, R.C., Contreras Ramos, S.M., Bolaños-Rosales, R.E., Dávila-Vázquez, G. (2015). Tequila vinasses acidogenesis in a UASB reactor with *Clostridium* predominance. *Springer Plus* 4, 419.
- Martínez-Castillo, L.M., Bustos-Vázquez, M.G., Trujillo-Ramírez, D., Rodríguez-Castillejo, G.C., Castillo-Ruiz, O. (2023). Caracterización de vinazas de la industria tequilera para su uso como medios nutritivos económicos en fermentaciones con bacterias lácticas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Vol. 8 (2023) 795-801
- Moran-Salazar, R.G. (2015). *Efecto de la aplicación de vinazas tequileras sobre los procesos de nitrificación, desnitrificación y emisiones de gases con efecto invernadero en suelos agrícolas* [Tesis de Maestría]. CIATEJ.
- Moran-Salazar, R. G., Sanchez-Lizarraga, A. L., Rodriguez-Campos, J., Davila-Vazquez, G., Marino-Marmolejo, E. N., Dendooven, L., & Contreras-Ramos, S. M. (2016). Utilization of vinasses as soil amendment: consequences and perspectives. *SpringerPlus*, 5(1), 1007. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2410-3>
- Padilla, A. (2017, abril 26). *Peligros en el manejo del tequila*. Casasauza.com. <https://www.casasauza.com/procesos-tequila-sauza/peligros-en-manejo-tequila>
- La Enciclopedia de la Vida. (s/f). bioenciclopedia.com. Recuperado el 9 de mayo de 2025, de <http://www.bioenciclopedia.com>
- Lambertz, S., Franke, M., Stelter, M., y Braeutigam, P. (2024). Determination of Chemical Oxygen Demand with electrochemical methods: A review. En *Chemical Engineering Journal Advances* (Vol. 18). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.100615>
- Linerio-Gil, S.E., Guzmán Carrillo, A. (2004). Tratamiento de efluentes y aprovechamiento de residuos, in: AC, G.-M. (Ed). *Ciencia y Tecnología del tequila, Avances y perspectivas*.

- Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Guadalajara, Jalisco, México, pp. 258-284.
- López-Covarrubias, M., & Aguilar-Juárez, O. (2023). Tratamiento de vinazas tequileras a partir de biochar derivado de bagazo de agave. *Tendencias en energías renovables y sustentabilidad*, 2(1), 327–333. <https://doi.org/10.56845/terys.v2i1.374>
- López-López, A., Davila-Vazquez, G., León-Becerril, E., Villegas-García, E., y Gallardo-Valdez, J. (2010). Tequila vinasses: generation and full scale treatment processes. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 9(2), 109–116. <https://doi.org/10.1007/s11157-010-9204-9>
- Microbiota de suelo. (2024, agosto 9). *Microendo*. <https://microendo.com.mx/microbiota-de-suelo/2024>
- Secretaría de Gobernación. (2022, marzo 11). NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022
- Tito, B. (2020, agosto 1). *Tipos de Lagunas de Oxidación ventajas y desventajas*. Ingeniería Ambiental Boris Tito. <https://ingenieriaambiental.net/lagunas-de-oxidacion/2020>
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, H. D. (1991). *Wasterwater engineering treatment and reuse by Metalcaf & Eddy*, New York.
- Zurita, F., Tejeda, A., Montoya, A., Carrillo, I., Sulbarán-Rangel, B., y Carreón-Álvarez, A. (2022). Generation of Tequila Vinasses, Characterization, Current Disposal Practices and Study Cases of Disposal Methods. *Water*, 14(9), 1395. <https://doi.org/10.3390/w14091395>
- Zurita F., Ramírez-Ramírez A, Tejeda, A. (2023). *Tratamiento de vinazas tequileras en humedales verticales de flujo descendente a escala piloto*.

Eje 3

Movilidad urbana y hábitat

Capítulo 3.1

Emisiones de CO₂ del parque vehicular registrado en la zona metropolitana Tepic-Xalisco

Marceleño Flores Susana¹

García Núñez Citlaly²

Najera González Oyolsi³

Fernando Flores Vilchez

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20259693>



¹ Profesora-Investigadora de la Universidad Autónoma de Nayarit. e-mail: susana.marceleno@uan.edu.mx

² Profesora-Investigadora de la Universidad Autónoma de Nayarit. e-mail: citlaly.garcia@uan.edu.mx

³ Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma de Nayarit. e-mail: oyolsi@uan.edu.mx

1. Introducción

El cambio climático es una de las principales amenazas ambientales del siglo XXI, impulsado en gran medida por las actividades humanas asociadas al consumo energético, la expansión urbana y el modelo dominante de movilidad. Uno de los sectores más críticos en este fenómeno es el transporte, especialmente el terrestre, que se ha consolidado como una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxidos de nitrógeno (N₂O).

El World Resources Institute (WRI, 2022) reporta que el 73.8 % de las emisiones globales de GEI están concentradas en 83 países, siendo las ciudades responsables del 70 % del total. Dentro de este contexto, el autotransporte destaca como el mayor emisor dentro del sector, atribuyéndosele el 45 % de las emisiones de GEI relacionadas con el transporte, con una tasa de incremento anual del 1.9 %. Esto coloca a la movilidad urbana como un eje estratégico tanto para mitigar como para intensificar el calentamiento global.

En México, la situación es alarmante. En 2020, el país ocupaba el lugar 75 en emisiones de GEI a nivel mundial; sin embargo, para 2022 ascendió al noveno lugar, representando el 1.4 % del total de emisiones globales (BBVA Research, 2024). Este aumento abrupto se asocia con un crecimiento urbano desordenado, una expansión territorial fragmentada y una alta tasa de motorización.

En el estado de Nayarit, el inventario estatal de emisiones (PACC-NAY, 2012) identificó al transporte como el principal emisor de GEI, responsable del 81 % de las emisiones del sector energético. En la Zona Metropolitana Tepic-Xalisco (ZMTX), se contabilizaron más de 200 000 vehículos en 2019. Aunque la cobertura del transporte público abarca el 100 % de la población en un radio de 350 metros (IMPLAN, 2019), el uso del vehículo privado sigue predominando. Esta situación se ve

agravada por el envejecimiento del parque vehicular, 35 % con entre 20 y 25 años de antigüedad (INEGI, 2020), y por la ausencia de controles ambientales locales eficaces.

Bajo este contexto, se plantea la hipótesis de que el parque vehicular registrado en la ZMTX genera un volumen de emisiones de GEI significativamente superior al estimado en el inventario estatal de 2012. De comprobarse, esta situación evidenciaría una subestimación en los diagnósticos previos y la necesidad de actualizar las políticas públicas para la movilidad sustentable.

Objetivo: Estimar las emisiones de GEI (CO₂, CH₄ y N₂O) generadas por el parque vehicular registrado en la ZMTX durante 2020, con base en la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), a fin de generar un diagnóstico técnico que contribuya a la formulación de estrategias locales de mitigación y sostenibilidad urbana.

Este estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo, transversal y descriptivo. La metodología se basa en el cálculo de emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles mediante fórmulas propuestas por el IPCC (2006), empleando un enfoque de nivel 2 para emisiones de CO₂ y nivel 1 para CH₄ y N₂O.

Para ello, se utilizaron datos oficiales del parque vehicular registrados ante la Secretaría de Finanzas del Estado de Nayarit, los cuales incluyen variables como tipo de vehículo, modelo, cilindraje, tipo de combustible y origen. Además, se construyó una base de datos con la caracterización de los vehículos y se estimaron los volúmenes de consumo energético en Terajulios (TJ), con base en densidades de combustible y factores de emisión estandarizados.

La información se integró en una base de datos construida para este estudio, con el fin de determinar el total de emisiones en kilogramos y su conversión a CO₂ equivalente, lo que permite dimensionar la magnitud del impacto ambiental del transporte urbano en la ZMTX.

2. Metodología

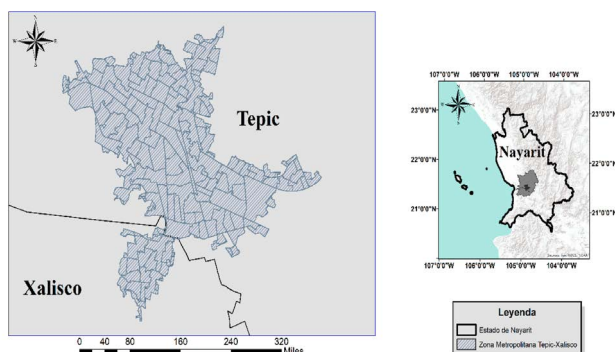
Área de estudio:

La zona metropolitana Tepic-Xalisco (Figura 1), cuenta con una superficie de 59.8 km², se encuentra en el estado de Nayarit en las coordenadas geográficas 21° 43' 26" Latitud Norte, 104° 56' 46" Longitud Oeste y 21° 16' 12" a una altitud promedio de 915 m s.n.m. (INEGI, 2014).

Figura 1

Localización geográfica de la Zona Metropolitana Tepic-Xalisco en el estado de Nayarit, México.

Zona Metropolitana Tepic-Xalisco



Fuente: Elaboración propia

Universo

- Zona Metropolitana Tepic-Xalisco
- 211 631 vehículos.
- 25 310 motocicletas.

El estudio se desarrolló bajo un diseño de investigación cuantitativo, descriptivo y transversal, con enfoque no experimental (Figura 2). Se estructuró en dos fases: documental y de campo.

En la fase documental se revisaron fuentes oficiales como el PACC-NAY (2012), datos del INEGI (2014, 2021), registros del INECC (2019) y estadísticas del World Resources Institute (2022). En la fase de campo, se recopiló información actualizada del parque vehicular a partir de la Secretaría de Movilidad del Estado de Nayarit (SEMOVI, 2020), segmentando por tipo de vehículo, combustible y año-modelo.

La base de datos incluyó las variables: tipo de unidad, tipo de combustible, año-modelo, factor de emisión y número de unidades. Se aplicaron los factores de emisión de la metodología IPCC 2006 (Vol. 2, Cap. 3) para el cálculo de CO₂, CH₄ y N₂O. Las ecuaciones utilizadas fueron:

Ecuación 1:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \Sigma (\text{Consumo de combustible} \times \text{Factor de emisión})$$

Ecuación 2:

$$\text{Emisiones de CH}_4 \text{ y N}_2\text{O} = \Sigma (\text{Consumo de combustible} \times \text{Factor de emisión específico})$$

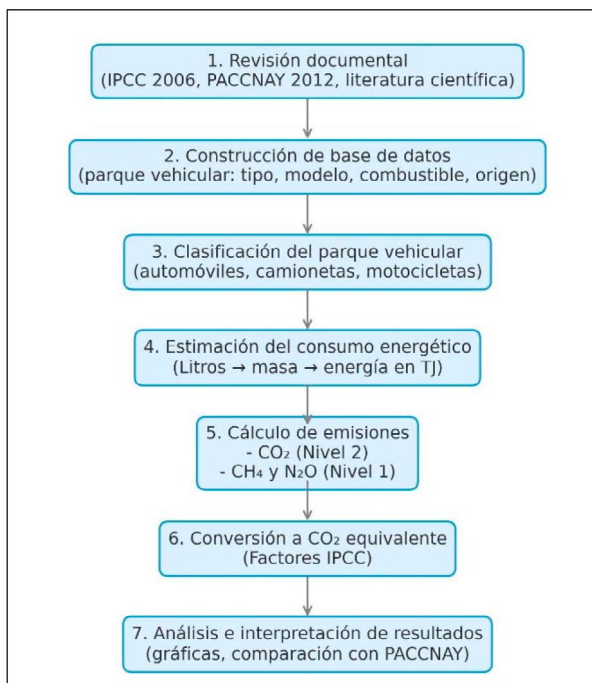
Ecuación 3:

$$\text{CO}_{2\text{eq}} = (\text{CO}_2) + (\text{CH}_4 \times 28) + (\text{N}_2\text{O} \times 265)$$

El procesamiento y análisis de datos se realizó en Microsoft Excel® 2021, generando resultados totales y desagregados por tipo de vehículo y combustible, así como comparaciones con los datos del PACCNAY (2012).

Figura 2

Diagrama metodológico para la estimación de emisiones de GEI del parque vehicular en la Zona Metropolitana Tepic-Xalisco



Fuente: Elaboración propia

3. Resultados y discusión

El parque vehicular registrado dentro de la Zona Metropolitana Tepic-Xalisco (ZMTX) en el año 2020 se conformó por 211,631 vehículos y 25 310 motocicletas; el 69 % fueron automóviles y el 31 % camionetas (Tabla 1). Al categorizarlos por tipo de combustible, se encontró que el 97 % utilizan gasolina y el 3 % diésel, mientras que el 100 % de las motocicletas emplean gasolina. Esta composición tiene implicaciones significativas para la generación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la región (Castellanos, 2017).

En cuanto a la antigüedad, el 35 % de los vehículos registrados presentaron entre 20 y 25 años de uso, lo que incrementa la emisión de

contaminantes debido a tecnologías menos eficientes. Esta proporción se encuentra compuesta en un 54 % por unidades importadas, mientras que la antigüedad media del parque vehicular a nivel nacional es de 15 años (INEGI, 2016).

Tabla 1

Caracterización del parque vehicular en la ZMTX, 2020.

Tipo de vehículo	Unidades	% participación	Combustible principal	Antigüedad predominante
Automóviles	146 030	69 %	Gasolina	20-25 años
Camionetas	65 601	31 %	Gasolina / Diésel	20-25 años
Motocicletas	25 310	100 %	Gasolina	<10 años

Fuente: Elaboración propia

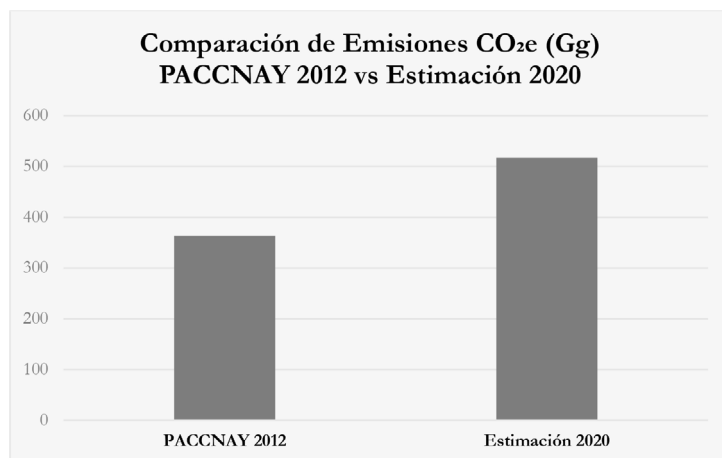
En el año 2020, el total de emisiones del parque vehicular de la ZMTX se estimó en 516.84 Gg de CO₂ equivalente, lo que representa un incremento del 42.4 % respecto a las 362.9 Gg reportadas en el PACCNAY 2012. Este aumento es notable considerando que la ZMTX representa apenas el 0.25 % de la superficie estatal.

El total de emisiones del parque vehicular de la ZMTX fue de 516.84 Gg de CO₂e en 2020. En promedio, cada vehículo emitió 2 000 kg de CO₂e y cada motocicleta 15 kg de CO₂e en ese año. La magnitud de estas emisiones equivale a 57 pirámides de Cholula considerada el basamento más grande del mundo, recordando que 1 tonelada de CO₂e equivale a 510 m³, y 1 Gg de CO₂e equivale a 1 000 toneladas métricas de CO₂e.

La Figura 3 muestra la comparación entre las emisiones estimadas para 2020 y las reportadas en el PACCNAY 2012, evidenciando un incremento del 42.4 %.

Figura 3

Comparación de emisiones de CO₂e en la ZMTX: PACCNAY 2012 vs Estimación 2020.



Fuente: Elaboración propia

Este crecimiento refleja una subestimación histórica del impacto del transporte en el inventario estatal y la urgencia de actualizar periódicamente estas cifras. Además, la tasa de motorización en la ZMTX crece a la par de su población, al igual que lo observado a nivel nacional, donde se incrementó un 40% entre 2010 y 2020 (INEGI, 2020).

Comparando estos hallazgos con la literatura, estudios como el de Caballero (2011) y Tipanluisa et al. (2017) confirman que las emisiones dependen no solo del volumen de vehículos, sino de su velocidad, octanaje del combustible y temperatura. En cambio, Vargas y Molina (2015) destacan que gases como el N₂O pueden aumentar con la velocidad y el contenido de azufre en el combustible, lo cual también debe ser considerado en políticas de mitigación.

4. Conclusiones

Los resultados de esta investigación confirman la hipótesis de que el parque vehicular registrado en la Zona Metropolitana Tepic-Xalisco (ZMTX) genera un volumen de emisiones de gases de efecto invernadero

(GEI) significativamente superior al reportado en el inventario estatal de 2012. La estimación total de 516.84 Gg de CO₂ equivalente para el año 2020 representa un incremento del 42.4 % respecto a las 362.9 Gg reportadas en el PACCNAY, evidenciando una subestimación histórica del impacto del sector transporte y una falta de actualización de los diagnósticos técnicos en la región.

Del total de las emisiones estimadas, el dióxido de carbono (CO₂) constituyó el 98.7 %, lo que reafirma la centralidad de este gas en los procesos de combustión vehicular. El uso predominante de gasolina (97 %) y la elevada antigüedad del parque vehicular (35 % con entre 20 y 25 años) contribuyen de forma crítica a este fenómeno, lo cual sugiere que la renovación tecnológica del transporte y la mejora de la eficiencia energética son líneas clave de acción.

Desde un enfoque de sostenibilidad, los hallazgos muestran que el modelo actual de movilidad urbana en la ZMTX no es compatible con un desarrollo bajo en carbono. Pese a la cobertura del transporte público, el uso del automóvil privado continúa siendo la opción dominante, lo que limita los avances hacia una movilidad accesible, segura y ambientalmente responsable. Esta situación compromete no solo el cumplimiento de metas climáticas, sino también la calidad de vida urbana.

Esta investigación aporta una innovación metodológica al aplicar los lineamientos del IPCC para el cálculo de emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O a escala metropolitana, integrando una caracterización precisa del parque vehicular y estimaciones energéticas basadas en datos locales.

Se concluye que la Zona Metropolitana Tepic-Xalisco requiere con urgencia estrategias integrales de mitigación climática que incluyan:

- La actualización del Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Nayarit.
- La creación y aprobación de una Ley Estatal de Cambio Climático que establezca instrumentos vinculantes de mitigación y adaptación.
- La implementación de políticas estatales de verificación vehicular.
- La promoción de tecnologías de transporte limpio (híbrido y eléctrico).
- La mejora de la infraestructura vial y la movilidad no motorizada.
- La actualización periódica del inventario de emisiones con enfoque territorial.

Finalmente, este estudio demuestra que es posible generar diagnósticos técnicos con rigor metodológico a nivel subnacional, lo cual resulta fundamental para construir políticas públicas basadas en evidencia y orientar la transición hacia ciudades más sostenibles, resilientes y justas.

5. Referencias

- BBVA Research. (2024). *Informe de sostenibilidad ambiental y emisiones de México*. BBVA.
- Caballero, A. (2011). *Factores que influyen en la emisión de CO² del transporte*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cruz, J. (2018). *Análisis de la eficiencia de motores automotrices*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM).
- Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP). (2012). *Movilidad urbana y cambio climático en México*. <https://mexico.itdp.org>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014, 2015, 2016, 2020, 2021). *Anuario estadístico de transporte y movilidad*. <https://www.inegi.org.mx>
- Instituto Municipal de Planeación de Tepic (IMPLAN). (2018, 2019). *Informe de desarrollo urbano de la Zona Metropolitana Tepic-Xalisco*. <https://implan.tepic.gob.mx>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>
- Serafín, J. (2019). *Diagnóstico de emisiones del transporte público en Tepic*. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Tipanluisa, D., Rojas, A., & Pérez, L. (2017). Relación entre velocidad vehicular y emisiones contaminantes. *Revista Ingeniería Ambiental*, 34(2), 75-88.
- Universidad Autónoma de Nayarit (UAN) & Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2012). *Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Nayarit (PACCNAY)*.

- Vargas, R., & Molina, F. (2015). Efectos del azufre y la velocidad en la emisión de N₂O. *Revista de Ciencias Ambientales*, 29(1), 55–66.
- Vazano, P. (2022). El transporte como fenómeno social. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos*, 19(1), 12-27.

Capítulo 3.2

Vulnerabilidad de la vivienda vernácula ante procesos de globalización

Espinoza García Ángel Arturo¹

Mendoza Anguiano Ricardo²

Torres Cisneros Pablo³

Martínez García Víctor Manuel⁴

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20259709>



¹ Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma de Sinaloa. e-mail: aaegespinoza@gmail.com

² Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma de Sinaloa. e-mail: ricardomendoza@uas.edu.mx

³ Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma de Sinaloa. e-mail: pablоторres_cis@hotmail.com

⁴ Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma de Sinaloa. e-mail: drvictormartinez@uas.edu.mx

1. Introducción

La localización de los agentes que producen el deterioro permite crear estrategias para la salvaguarda de este tipo de inmuebles, reconocidos por su estrecha relación con el sitio de emplazamiento. La transformación de la vivienda vernácula es una realidad de la cual Sinaloa no está exenta. En este caso, nos enfocaremos en la zona rural del sur del estado. El presente artículo intentará determinar las alteraciones de los inmuebles localizados en las comunidades y, al mismo tiempo, identificar el porqué de las modificaciones. Asimismo, abordaremos la transformación de la vivienda vernácula a partir del impacto que genera el fenómeno de la globalización, utilizando el método hipotético- deductivo, a través de la construcción de un marco teórico-conceptual que permite realizar una inferencia sobre el objeto de estudio.

Para establecer las bases de nuestra investigación planteamos las siguientes preguntas rectoras:

- ¿Qué influencia tiene la globalización sobre la arquitectura vernácula?
- ¿Qué papel funge la globalización ante la vivienda vernácula?
- ¿Qué estrategias se deben implementar para salvaguardar a la vivienda vernácula?

La siguiente premisa, a mayor influencia externa, mayor será la distorsión cultural (regional), nos conduce a hipotetizar lo siguiente: la cultura tiende a distorsionarse al recibir influencias externas; por lo tanto, la arquitectura vernácula se ve comprometida al modificar los usos y los sistemas constructivos, conduciéndola a una zona de vulnerabilidad. Para responder las preguntas que aquí se plantean, y confirmar la hipótesis previamente planteada, es necesario reconocer las teorías y los conceptos que rigen la presente investigación, y así poder identificar el fenómeno y los agentes que lo generan.

1.1. Vivienda vernácula

Desde tiempos remotos, la humanidad ha tenido la necesidad de tener un espacio que le brinde resguardo y protección de las inclemencias del ambiente natural, problema resuelto a través de la astucia y el reconocimiento de su entorno. Esto está sustentado a partir de lo mencionado por Held y Rekosh, (1953) quienes señalan que la retroalimentación sensomotora adquirida a través de una participación activa con el ambiente nos conduce a aumentar la capacidad de reconocimiento (citado en Holahan, 2012): al tener mayor conocimiento del espacio, es mayor la habilidad para manipularlo. Si bien, como menciona Olgyay (1998), el humano tiene una capacidad de adaptación relativamente débil en climas desfavorables a diferencia de los animales, esta condición ha propiciado que el individuo se encuentre siempre buscando nuevas alternativas que le permitan sobrevivir en el ambiente natural. Por tal razón, ante esa desventaja, el sujeto ha tenido que reivindicar y, como Mendoza menciona, «la vivienda es en sí el lugar por excelencia del hombre para la protección contra las inclemencias del tiempo» (2017, p. 4). A través de este elemento constructivo el individuo se protege del ambiente natural.

La idea primaria de la vivienda es brindar protección del exterior, por tal motivo, la vivienda vernácula nace a partir del instinto de supervivencia, dejando las pretensiones estéticas de Iado. (Raporport, 1997). El concepto de arquitectura vernácula queda plasmado por primera vez, en la antología *Arquitectura sin arquitecto*, elaborada por Bernard Rudofsky, en la cual se menciona que «La arquitectura vernácula no sigue los ciclos de la moda. Es inmutable e inmejorable, dado a que sirve a sus propósitos a la perfección» (1964, p. 1). Así, el diseño de la vivienda vernácula es el resultado de la suma de las experiencias de los individuos y de la cultura regional.

Amos Raporport define lo vernáculo en la arquitectura como “la ausencia de pretensiones teóricas o estéticas, trabajada con un lugar de emplazamiento y con el microclima. En la arquitectura vernácula los modelos son resultado de la colaboración de muchas personas y generaciones” (1972, p. 15). Partiendo de este argumento, podemos señalar que la arquitectura vernácula está íntimamente relacionada con el entorno físico y los sistemas sociales donde es producida.

Zafra y Gastéllum (2015) mencionan a Valeria Prieto y Moya y López como los precursores del estudio de lo vernáculo en la arquitectura mexicana: “La arquitectura social participativa vernácula es aquélla que realizan los propios habitantes sin la intervención de profesionales, aprovechando los recursos a su alcance y resolviendo sus espacios de acuerdo con sus formas de vida, tradiciones y necesidades” (Valeria Prieto, citado por Secretaría de Cultura, 2016). A modo de conclusión podemos definir a la arquitectura vernácula como un producto social que nace de la relación del hombre con su entorno, donde se construye a partir del conocimiento empírico, resultado de la experimentación, identificando las necesidades que impone el contexto y buscando la adaptación al espacio disponible.

1.2. La globalización y su amenaza en lo vernáculo

La globalización es un fenómeno que implica cambios en los modelos políticos, económicos y sociales en todo el mundo; algunos señalan que es un producto del desarrollo tecnológico y otros la ven como evolución inevitable del capitalismo (Flores, 2016). La globalización, de acuerdo con Flores (2016), ha provocado una bipolaridad bien marcada: por un lado, están todos aquellos países que alcanzaron su desarrollo; y, por el otro, están los que no lo han logrado. Esto conduce al dominio de los países desarrollados sobre los no desarrollados. Al no contar con las mismas condiciones, los países con menos desarrollo están condenados a la decadencia de su soberanía, por lo que la ONU (2012) establece que “la globalización está incentivando la distribución desigual de la riqueza” (citado en Flores, 2016, p. 30).

Por otra parte, Sergio Kauffman (2008) siguiendo a Aldo Ferrer, menciona que la globalización constituye un sistema de redes donde se organiza el comercio a partir de la integración de las grandes corporaciones internacionales, al igual que las corrientes financieras y la conexión entre las diferentes civilizaciones existentes en el mundo, todo bajo el yugo de los poderosos, quienes son los que establecen las reglas del juego al que debemos sujetarnos. En renglón aparte, señala que “la globalización se encamina a la eliminación de las fronteras entre países, para dar cabida a la movilidad de las transacciones financieras, el libre comercio y a

nuevas formas de política internacional” (Kauffman González, 2008, p. 70). Todo esto conduce a la lucha hegemónica por el control absoluto de los medios de producción y el mercado.

Retomando a Flores, la “globalización se refiere al fenómeno por el cual la soberanía del Estado es amenazada por actores transnacionales y está caracterizada por la convergencia de culturas y sociedades” (2016, p. 38). En este contexto, resulta pertinente revisar las políticas locales respecto a la soberanía de los pueblos y las culturas ancestrales, promoviendo la preservación del conocimiento que de estos emana como principio identitario.

A partir de lo señalado, podemos también definir la globalización como un fenómeno que, enraizado en los modelos económicos, atenta contra la soberanía de los pueblos, produciendo la dilución de las particularidades que los definen, conduciendo a la homogeneización en relación con las necesidades de los mercados internacionales.

1.3. Cultura desarrollo y composición

Para la presente investigación es importante desarrollar el concepto de cultura, debido a que es un elemento rector dentro de este estudio. Etimológicamente, cultura proviene del latín *cultūra* (cultivo), y para fines de este análisis la definiremos como el conjunto de costumbres heredadas y transmitidas por un pueblo (Austin Millán, 2000). Taylor (1871) la define así “La cultura o civilización, en sentido etnográfico amplio, es ese todo complejo que incluye el conocimiento, las creencias, el arte, la moral, el derecho, las costumbres y cualesquiera otros hábitos y capacidades adquiridos por el hombre en cuanto miembro de una sociedad” (Gómez Pellón, 2017, p. 3).

Para Angelo Altieri (2001), el concepto no solamente implica la educación, el desarrollo o el perfeccionamiento intelectual y moral del hombre, derivado de la misma actividad humana, sino que engloba la manera de pensar y vivir del hombre en la civilización. Los paradigmas en torno al concepto cultura han exigido que no solamente se contemple como el cultivo del hombre, hablando bajo una perspectiva espiritual, académica y moral, sino que en él se conjugan, asimismo, las actividades “mentales

y físicas que caracterizan las conductas de los individuos componentes de un grupo social, colectivas e individuales, en relación con su ambiente natural” (Gómez Pellón, 2017, p. 4).

1.4. La globalización frente al desarraigo cultural

En la actualidad vivimos en una sociedad en constante cambio. Siguiendo a Bauman (2004), habitamos una sociedad líquida, moldeable, efímera, inestable y fluida, cambiante —como los líquidos—, en relación al recipiente que la contenga. A pesar de lo voluble que resulta nuestra sociedad, es relevante señalar que nos enfrentamos a una problemática en un contexto de homogeneización individual y colectiva, a una “crisis de desarraigo, una sensación de que el mundo entero se está volviendo cada vez más uniforme” (Jiménez Vicario y Cirera Tortosa, 2014, p. 120).

En este escenario, el fenómeno de la cultura en la globalización se puede analizar bajo dos ejes: la diversidad y fragmentación de la cultura (Giménez, 2002), y la circulación mundial de los bienes culturales mediante los medios de comunicación masiva. Así, la cultura global es la homogeneización cultural, fabricada y difundida por los medios de comunicación de forma masiva (Giménez, 2002). La tecnología y los medios de comunicación masiva han influido significativamente en el deterioro y la distorsión de las culturas específicas, debido a la promoción del concepto como bien de consumo, provocando con esto una bipolaridad, donde se resalta a lo que resulta ser atractivo para el mercado, mientras que los elementos que no representa valor monetario se condenan al menosprecio.

Respecto a la evolución de la sociedad, Magali Mora y Gabriela Villar (2015) señalan que la globalización ha traído cambios positivos y negativos. Sin embargo, los beneficiados casi siempre son aquellos que ejercen poder sobre los más débiles, gracias a la penetración de las diferentes redes extendidas a nivel mundial. Un ejemplo de estas redes son los medios de comunicación de difusión masiva que, al imponerse, han provocado la estandarización. Con relación a esto, Pérez (2018, p. 6) argumenta que “la identidad es un proceso que tiene mucho que ver con la diferenciación, y esta tiende a diluirse en un mundo globalizado”.

Así, en estos tiempos de economía globalizada, la era de la información y la fusión de la identidad cultural provocan que los diversos actores sociales decrezcan en conocimiento e identidad, en favor de las tendencias existentes en el mercado (Tiburcio Verdugo, 2008).

Los efectos de la globalización son múltiples, debido al grado de permeabilidad que tiene este fenómeno, por lo que la arquitectura se ha homogeneizado, estandarizando los sistemas constructivos y estructurales. Así, podemos afirmar que la globalización conduce hacia el desarraigo cultural, y a la transculturización, coincidiendo con AlSayyad, quien señala que la “identidad y la tradición, en la era de la globalización, están menos vinculadas con el lugar y más con los flujos de información” (Ettinger, 2010, p. 33).

1.5. La arquitectura vernácula ante el fenómeno de la globalización

La arquitectura se ha convertido en un elemento de suma importancia para el análisis de nuestra sociedad; a través de ella se logran percibir los diversos cambios que ha enfrentado la humanidad, desde los más gloriosos hasta los más catastróficos, siendo nuestras construcciones testimonio tangible de nuestra evolución.

Recapitulando lo dicho por Valeria Prieto, Rapoport y otros, podemos entender la arquitectura vernácula como un producto que nace a partir de cómo los individuos perciben, interpretan y se adaptan al espacio, estrechamente relacionado con el esquema hombre-naturaleza, sujeto-colectividad. Debemos destacar también que la modernidad y la idea de prosperidad tienden a rechazar lo autóctono, provocando alteraciones en la vivienda rural, incorporando elementos industrializados. Torres y Ramos (2020) denotan que tanto la introducción de nuevos materiales como el consumismo han propiciado escenarios donde lo vernáculo es menospreciado, lo que ha generado alteración en las estructuras endémicas, las que en ocasiones son adecuadas para el servicio de la industria turística. Catherine Ettinger (2010), en un artículo sobre la transformación de la vivienda vernácula en Michoacán, señala que las estructuras vernáculas están atadas a cambios bruscos; cambios que la autora atribuye

a los flujos de migración, ya que este estado ocupa uno de los primeros lugares a nivel nacional en este tema.

Así, tanto la industria turística como el fenómeno de emigración, entre otros elementos, han propiciado escenarios donde (de acuerdo con la Carta de Morelia) debido a la “homogeneización de la cultura y a la globalización socioeconómica, las estructuras vernáculas son, en todo el mundo, extremadamente vulnerables y se enfrentan a serios problemas de obsolescencia, equilibrio interno e integración” (INCOSMO, 1999). Resultando en que los elementos endémicos han sido desplazados para dar cabida a nuevos planteamientos que se adecuan a las exigencias del mundo contemporáneo.

Parte de la distorsión de la arquitectura vernácula es producto de la identificación del progreso con lo moderno, mientras que los frutos de las tradiciones tienden a identificarse con lo primitivo, el retraso y la decadencia. Ante esta dicotomía, lo vernáculo ha sido relegado, tanto desde la perspectiva social como en el ámbito académico, por lo cual Glassie señala que es un elemento que se considera demasiado común para ser objeto de estudio, postura que se ha modificado al ver la vulnerabilidad de este ante los fenómenos sociales en curso (citado en Gómez, 2010).

La introducción de elementos industrializados en la arquitectura vernácula no solo implica un rompimiento con el contexto social y natural desde la perspectiva paisajista, sino que también significa la fragmentación del conocimiento, el cual, al ser sustituido, tiende a desaparecer, provocando una rotura en la continuidad del proceso evolutivo del hombre y la pérdida de la memoria colectiva —al igual que su identidad—, conduciendo a la homogeneización cultural.

1.6. La vivienda vernácula en la zona rural del sur de Sinaloa

El sur de Sinaloa cuenta con una enorme diversidad: distintos paisajes —propiciados por la variedad de climas, vegetación y fauna—, heterogeneidad cultural —a partir del asentamiento de diferentes grupos sociales— y los procesos históricos experimentados. Tal diversidad, derivada tanto de los aspectos ambientales como culturales, ha propiciado

escenarios con una gama amplia de métodos constructivos, usos de la vivienda y su significado, observables a través de los bienes inmuebles, que fungen como testimonio de las generaciones pasadas.

Para ingresar de lleno en el análisis de la vivienda, resulta importante contextualizar el sur de Sinaloa desde la perspectiva histórica y cultural, y conocer la idiosincrasia de los individuos que viven en esta zona. De acuerdo con Mendoza (2017), lo que hoy comprende el territorio sinaloense estaba conformado por siete etnias, las cuales marcaron rasgos culturales que quedaron expresados a través de la arquitectura (por lo que señala que la parte norte contiene diferencias en relación con la sur, así como la costa con la sierra, en lo que concierne a lo físico), pero en lo cultural estas discrepancias no son sustanciales. En lo que concierne al sur de Sinaloa, Grave (S/F/V), en su artículo Entre Xiximes y Totorames, señala que el territorio que actualmente ocupan los municipios de Mazatlán, Concordia, El Rosario y Escuinapa durante el periodo prehispánico estuvo ocupado por los Xiximes y Totorames, los cuales estaban distribuidos en la franja costera y en la zona serrana.

Nakayama (2016) añade que los Totorames eran un grupo indígena asentado en la zona que comprendía los márgenes del río Piaxtla hasta el río de Las Cañas, que en realidad se extendía hasta las cercanías del río Lerma, en lo que hoy comprende el territorio perteneciente al estado de Nayarit. El grupo de los Xiximes se localizaba en la Sierra Madre Occidental, específicamente al oriente de Sinaloa y al poniente de Durango, ocupando lo escarpado del territorio, lo que los convertía en un pueblo inaccesible para los españoles (Delgadillo, 2020).

Respecto a las características de la vivienda, Grave (2003) menciona que eran bajareques. Mendoza (2022) agrega que eran elaboradas a partir de una mezcla de barro que en las cubiertas utilizaban palmas, y que se encontraban dispersas en un terreno amplio. Avilés Ochoa (1997) señala que con los Xiximes “Las casas eran construidas con madera, piedra y lodo, con techos de madera” (citado en Mendoza, 2017, p. 38), a lo que suma Nakayama (1982, p. 62) que “las puertas eran muy bajitas; para entrar tenían la necesidad de agacharse”. Posiblemente, esta tipología de puerta correspondía a que eran comunidades que se encontraban en conflicto bélico, por lo que estos mecanismos les daban una sensación de seguridad.

Otro hecho importante, no solo para el sur del estado sino para todo el territorio sinaloense, fue la llegada de los conquistadores españoles. Carlos V nombra en 1528 a Nuño Beltrán de Guzmán como presidente de la audiencia instalada en la ciudad de México; más tarde, en 1531, incursiona en el hoy territorio sinaloense donde conquista poblados y establece su cuartel en Culiacán; funda dos provincias: la de Culiacán, que abarca desde los ríos Mocorito y Piaxtla; y la de Chametla, desde los ríos Piaxtla y De las Cañas. Nuño de Guzmán se vuelve a territorios nayarita y jalisciense, que ya los había conquistado, y crea el Reino de la Nueva Galicia, a los que quedan incluidos las provincias sinaloenses antes mencionadas (citado por Mendoza, p. 40).

2. Metodología

El presente proyecto es producto de un recorrido efectuado por las localidades ubicadas en la zona sur del estado de Sinaloa, donde es evidente la intervención del modernismo en los sistemas constructivos. Partimos del método hipotético-deductivo, iniciando con la construcción del marco teórico, sustento que permite la inducción en campo, conduciendo al acercamiento conceptual en relación con el fenómeno a tratar.

Bajo este tenor, Galiana (1997) señala que el método hipotético-deductivo corresponde a las ciencias naturales, pero se ha ido incorporado para el análisis del hombre a partir del estudio de sus conductas, apoyándose tanto en herramientas cuantitativas como cualitativas. En este caso se utilizaron herramientas cualitativas.

Así, iniciamos con la elaboración del marco teórico-conceptual, posteriormente realizamos la inducción en campo, donde se recolectan los datos empíricos, para finalizar con el análisis de estos mismos, contrastando la realidad con lo teórico (Figura 1).

Figura*Proceso metodológico de la vivienda vernácula.**Fuente:* Ángel Arturo Espinoza García, 2025.

Dentro de las herramientas utilizadas, destaca la entrevista, instrumento idóneo implementado en las investigaciones sociales (Meneses y Rodríguez, 2016). Debido a que la investigación en curso fluctúa entre el quehacer arquitectónico y el social, estos mecanismos coadyuvan al acercamiento al fenómeno, mediante la dialéctica establecida por el usuario.

Por otra parte, para sustentar la información expresada por el usuario, se procede al levantamiento fotográfico, donde a través de las imágenes resaltan los nuevos usos que se le da al espacio, así como los elementos prefabricados localizados.

- a) Indicador de uso: A través de este indicador se localizan los nuevos usos asignados a la vivienda, al igual que los motivos que han conducido a la transformación.
- b) Indicador sistemas constructivos: a través de este indicador se identifican las modificaciones efectuadas en los sistemas constructivos y los fundamentos que han generado estas transformaciones.

La instauración de la corona, en lo que hoy es el territorio sinaloense, trajo consigo instituciones jurídico-sociales derivadas del sistema organizacional español, ya que al fundarse una villa se establecía el Ayuntamiento y se nombraba un alcalde, por lo que, al consolidarse la conquista en la tierra sinaloense, su jurisdicción pasó a manos de la gobernación de la Nueva Galicia (Nakayama, 2006).

La llegada de los españoles al territorio representó el contraste y el choque cultural, y en la arquitectura no fue la excepción. Se comenzaron a usar nuevos materiales, nuevos métodos constructivos y se introdujeron variaciones en el uso del espacio: “la utilización del adobe, piedras y

maderas labradas, al igual que el ladrillo, tanto para los muros como la teja para los techos” (Ortega Noriega, Breve historia de Sinaloa, 1999, citado por Mendoza, 2017, p. 41) son algunos de los elementos producto del establecimiento español.

En el presente, dichas manifestaciones forman parte de una gran gama cultural, la cual ha llegado a nuestros días como testimonio de los procesos históricos de la región (Figuras 2, 3 y 4):

Figura 2

*Sistema constructivo bahareque.
El Trébol II, Escuinapa*



Fuente: Ángel Arturo Espinoza García, 2025.

Figura 3

*Sistema constructivo de adobe.
Pánuco, Concordia.*



Fuente: Juan de Dios Chávez, 2025.

Figura 4

Sistema constructivo bahareque, repellido con arcilla. La Mimbres, El Rosario.



Fuente: Ángel Arturo Espinoza García, 2025.

3. Resultados

3.1. La transformación de la vivienda vernácula en la zona rural del sur de Sinaloa

En lo que concierne al sur de Sinaloa, la intervención de elementos prefabricados en la vivienda ha impactado de forma abrumadora. Así es en el caso de la comunidad La Mimbres (perteneciente a la sindicatura de Santa María de Gracia, en el municipio de El Rosario), comunidad caracterizada por ser un asentamiento: de acuerdo con información expresada por los pobladores, hace un par de años decidieron establecerse en lo que se conoce como el cerro de Buenos Aires. Se mudaron de los márgenes del río Baluarte a la zona alta debido a la escasez de agua y a las condiciones ambientales. Para acceder a ella se debe cabalgar alrededor de tres horas por zonas escarpadas.

Uno pensaría que la falta de vías de comunicación los alejaría de los materiales prefabricados, pero la Figura 5, donde podemos ver una techumbre hecha con lámina de asbesto, demuestra lo contrario.

Figura 5

Cubierta fabricada con lámina de asbesto en La Mimbres.



Fuente: Ángel Arturo Espinoza García, 2025.

Mediante una entrevista a la población, la cual está conformada por un grupo reducido de individuos relativamente jóvenes, los cuales son familia, se pudo saber que este tipo de cubierta es la única que saben

realizar. Esto nos conduce a concluir que ha habido una pérdida de las tradiciones, ya que otros conocimientos constructivos no fueron transmitidos entre generaciones.

Los principales problemas que señalan los pobladores en relación con estos materiales, es que son poco resistentes a los fuertes vientos y la temperatura al interior de la vivienda es más elevada. Algo similar sucede en la localidad de Agua Caliente del Favor, localizada en la Sierra Madre Occidental, en el municipio de Concordia, un lugar también de difícil acceso (a pesar de que la industria minera ha proporcionado vías terrestres, en temporada de lluvias los accesos resultan dañados y la única forma de ingresar es cabalgando). A través de una entrevista abierta, los habitantes manifestaron que para ellos el uso de lámina resulta práctico. La facilidad para adquirir este material ha provocado que se haya perdido el conocimiento necesario para la fabricación de tejas, mermando la transmisión de las tradiciones constructivas. Expresaron que lamentan esta pérdida, debido a que con las láminas el ambiente interior de la vivienda es más caliente incluso que en el exterior.

Como se observa en la Figura 6, la techumbre está fabricada con lámina galvanizada.

Figura 6

Cubierta de lámina galvanizada en Agua Caliente del Favor, Concordia.



Fuente: Ángel Arturo Espinoza García, 2025.

En Pánuco (municipio de Concordia), donde se cuenta con un amplio camino de terracería y la circulación vehicular se da de forma fluida,

podemos ver que sus construcciones tienen una clara influencia novohispana. En este lugar es evidente que la transformación de la vivienda vernácula no solamente se da por la implementación de materiales prefabricados, sino que también se aprecia en el uso del espacio. En las Figuras 7 y 8 podemos ver cómo las hornillas dieron paso a las estufas modernas. Debido a la conectividad de la comunidad es posible contar con suministro de gas para este tipo de dispositivos.

Figura 7.
Cocina en Pánuco.



*Fuente: Ángel Arturo Espinoza
García, 2025.*

Figura 8.
Otro espacio de cocina en Pánuco.



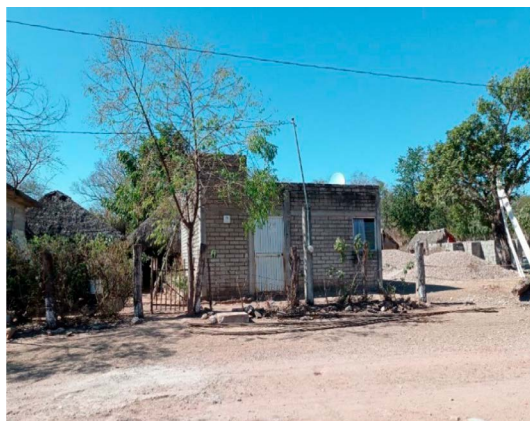
*Fuente: Ángel Arturo Espinoza
García, 2025.*

Por último, tenemos a las localidades de El Trébol y Tule de la Cobacha (municipio de Escuinapa), pertenecientes al grupo étnico de los tepehuanes. Para llegar a ellas, las vías de acceso son un tanto complejas, pero sin llegar al extremo de La Mimbres y Agua Caliente del Favor. En El Trébol II, la intervención del gobierno federal y estatal (a través de los programas sociales) ha propiciado una degradación del uso de la arquitectura autóctona.

En una entrevista, los usuarios señalaron que las viviendas vernáculas son más frescas que las de concreto.

Figura 9

Vivienda de block y concreto construida con apoyo del gobierno federal en el sur de Sinaloa.



Fuente: Ángel Arturo Espinoza García, 2025.

Así, a través de nuestro recorrido por la zona serrana del sur de Sinaloa, observamos el fenómeno de “hibridación de la vivienda”, concepto que acuñó Ettinger (2010), debido a la mezcla de materiales y de sistemas constructivos. A pesar, en algunos casos, de que el acceso a las localidades es difícil, este tipo de práctica es común, impactando de forma contundente a las tradiciones constructivas, las cuales se encuentran avasalladas por los elementos prefabricados.

4. Discusión

Los resultados alcanzados en las comunidades del sur de Sinaloa revelan una profunda transformación de la vivienda, donde las tradiciones constructivas vernáculas están siendo sustituidas por materiales prefabricados, incluso en zonas de acceso limitado. Este proceso puede entenderse como una forma de vivienda híbrida, donde materiales, tecnologías y usos espaciales tradicionales y modernos se entrelazan para crear nuevos estilos de vida que, sin embargo, no necesariamente conllevan mejoras cualitativas.

Los residentes de La Mimbres, Agua Caliente del Favor y otras comunidades reportan que los techos metálicos aumentan significativamente

la temperatura interior y ofrecen poca protección contra las inclemencias del tiempo. Esta observación concuerda con estudios recientes sobre climatología y confort térmico en zonas rurales de México, que demuestran que materiales tradicionales como la teja, la palma o el bahareque ofrecen un mejor rendimiento bioclimático en climas cálidos (Pérez-Sánchez et al., 2022).

La conectividad también juega un papel decisivo. En comunidades como Pánuco, donde el acceso vehicular es fácil y la influencia institucional es mayor, las cocinas modernas han reemplazado a las tradicionales, lo que refleja no solo cambios arquitectónicos, sino también transformaciones en las prácticas culturales cotidianas. Esto coincide con Troncoso et al. (2019), quien argumenta que la transformación de la vivienda rural contemporánea se debe no solo a factores materiales, sino también a cambios en los hábitos y estilos de vida que se adaptan a la lógica urbana.

Los casos de El Trébol II y Tule de la Cobacha son particularmente impactantes, ya que las intervenciones gubernamentales han promovido la construcción de edificaciones específicas, a menudo sin considerar las condiciones climáticas ni las tradiciones de la comunidad Tepehán. Un estudio sobre políticas públicas para la vivienda indígena (Aguillón-Robles, et al., 2020) advierte que estos proyectos suelen homogeneizar las soluciones habitacionales, ignorar las prácticas culturales locales y generar viviendas deficientes desde el punto de vista térmico, social y simbólico.

El resultado es la pérdida del patrimonio intangible y técnico de estas comunidades. La arquitectura vernácula no solo es una solución eficaz para la adaptación ambiental, sino también un componente esencial de la identidad colectiva. Su desaparición compromete no solo la comodidad de la vivienda, sino también la continuidad cultural. Como enfatizan Escamilla y Méndez (2020), preservar las técnicas de construcción tradicionales es tan importante como preservar una lengua o una festividad comunitaria.

5. Conclusiones

El fenómeno de la globalización ha permeado en todos los aspectos de la vida: lo económico, lo político y lo cultural, incluyendo a la arquitectura. Lamentablemente, esta dinámica ha repercutido de forma negativa en los grupos sociales menos favorecidos económicamente, los cuales tienden a someterse a las tendencias de los mercados, adoptando los usos y costumbres en boga, aunque no correspondan a su entorno. Tales condiciones nos llevan a afirmar que la globalización ha impactado de manera negativa a la arquitectura vernácula, incorporando elementos prefabricados a esta, muchas veces de baja calidad, vulnerando la transmisión de las tradiciones constructivas.

Como lo señalan Ramos y Torres (2020), la dinámica social actual, sumergida en el consumismo, el nacimiento de nuevos materiales y sistemas constructivos, sumada al menosprecio y al poco valor que se le da a los sistemas constructivos tradicionales nacientes de la tierra, ha impactado de forma radical sobre la vivienda endémica.

Por lo cual, mantener el conocimiento de estas tradiciones no significa una hueca añoranza del pasado, sino la conservación de las particularidades de cada una de las comunidades, generadas en un momento único e irrepetible que respondió a especificidades ecológicas y sociales. Como señala Enrique Leff (2004, p. 112), dichas prácticas «conllevan la imposibilidad de pensar y de actuar conforme a las condiciones naturales de la vida y la cultura». Así, el no prestar atención a las particularidades de cada comunidad conduce al desarraigo, tanto en el contexto ecológico como en el social, generando que los habitantes vivan en espacios poco confortables y con mayor gasto energético, como lo mencionaron los entrevistados.

Ante tal decadencia en la arquitectura vernácula (parte indudable de nuestro patrimonio cultural), resulta conveniente generar estrategias que busquen el fortalecimiento de las tradiciones en las comunidades, asegurando la salvaguarda de los bienes inmuebles y buscando frenar el proceso de desarraigo cultural que ha traído consigo el fenómeno de globalización.

6. Referencias

- Aguillón-Robles, J., Arista-González, G. J., & Cataño-Barrera, A. M. (2020). Comportamiento térmico de la vivienda rural huasteca, microrregión huasteca norte, san luis potosí. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 15(28), .[fecha de Consulta 31 de Julio de 2025]. ISSN: 2007-3615. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477963932011>
- Altieri Megale, A. (2001). ¿Qué es la cultura? *La lámpara de Diógenes*, 2(4), 15-20. <https://www.redalyc.org/pdf/844/84420403.pdf>
- Austin Millán, T. R. (2000). Para comprender el concepto de cultura. UNAP Educación y Desarrollo, pp. 1-21.
- Bauman, Z. (2004). Modernidad líquida. Fondo de Cultura Económica. <https://catedraepistemologia.wordpress.com/wpcontent/uploads/2009/05/modernidad-liquida.pdf>
- Secretaría de Cultura. (2016). *La arquitecta Valeria Prieto. En la 15 Muestra Internacional de Arquitectura de la Bienal de Venecia*. IN-BAS.
- Delgadillo, S. (2020). El proceso de extinción de los acaxeos y xiximes. Tribus de tradición antropófaga de la Sierra Madre Occidental entre los estados de Sinaloa y Durango. Siglos xvi-xviii. *Boletín del Archivo General de la Nación*, 9(04), 9-42. <https://bagn.archivos.gob.mx/index.php/legajos/article/view/389>
- Ettinger, C. R. (2010). *La transformación de la vivienda vernácula en Michoacán*. Materialidad, espacio y representación. Morelia, Michoacán, México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Gobierno del Estado de Michoacán, Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Flores Campaña, L. M., Arzola-González, J. F., Ramírez-Soto, M., & Osorio-Pérez, A. (2012). Repercusiones del cambio climático global en el estado de Sinaloa, México. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 21(1), 115-129. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0121-215x2012000100009&script=sci_arttext
- Flores, M. V. (2016). La globalización como fenómeno político, económico y social. *Orbis. Revista Científica Ciencias Humanas*, 12(34), 26-41. <https://www.redalyc.org/pdf/709/70946593002.pdf>

- Galiana, T. (1997). Métodos y técnicas cualitativas de investigación en las ciencias sociales. *Revista Andaluza de Relaciones Laborales*, pp. 163-168.
- Giménez, G. (2002). Globalización y culture. *Estudios sociológicos*, 23-46. <https://www.jstor.org/stable/40420704>
- Gómez Pellón, E. (2017). Introducción a la antropología social y cultura. Open Course Ware.
- Grave Tirado, L. A. (2003). Patrón de asentamiento prehispánico en la región Totorame (el norte de Nayarit y el sur de Sinaloa). *Arqueología*, (30), 5-26.
- Grave Tirado, L. A. (S/F/V). *Entre Xiximes y Totorames. La sierra baja del sur de Sinaloa en la época prehispánica*.
- ICOMOS, C. (1999). *Carta del patrimonio vernáculo construido*. México DF.
- J. Holahan, C. (2012). *Psicología Ambiental un Enfoque General*. Editorial Limusa.
- Jiménez Vicario, P., y Cirera Tortosa, A. (2014). Arquitectura vernácula: entre lo local y lo global. *Anuario Jóvenes Investigadores*, (1), 120-122.
- Kauffman González, S. (2008). ¿Hacia dónde nos lleva la globalización? *Revista Ciencia Administrativa*, 66-80.
- González, A. M., y Hernández Alegría, A. (2014). Positivismo, dialéctica materialista y fenomenología: tres enfoques filosóficos del método científico y la investigación educativa. *Actualidades investigativas en educación*, 14(3), 502-523. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-47032014000300021
- Mendoza Anguiano, R. (2017). *Uso, forma y significado de la vivienda vernácula en Sinaloa*. Universidad Autónoma de Morelos.
- Mendoza Anguiano, R. (2022). *La vivienda vernácula en Sinaloa, sus expresiones tipológicas arquitectónicas*. Astra editorial.
- Meneses, D. R., y Rodríguez, D. (2016). *El cuestionario y la entrevista*. Universitat Oberta de Catalunya UOC.
- Mora Torres, M., & Villar García, G. M. (2015). Los efectos de la globalización en la identidad cultural de la etnia mazahua del estado de México. Caso de estudio Jiquipilco. Una aportación desde la disciplina del diseño. *Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México*, 1-19.

- Nakayama Arce, A. (2006). *Sinaloa un bosquejo de su historia*. Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y clima, Manuel de diseño para bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Gustavo Gil.
- Pérez Gil, J. (2018). Un marco teórico y metodológico para la arquitectura vernácula. *Ciudades: Revista del Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid*, (21), 1-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6420412>
- Pérez-Sánchez et al., *Cogent Engineering* (2022), 9: 2109321 <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2109321>
- Ramos Escobar, N., y Torres Cisneros, P. (2020). Tradición constructiva sinaloense en peligro de extinción; caso de estudio pueblo de Imala. *Topofilia*, (20), 92-108. <https://topofilia.buap.mx/index.php/topofilia/article/view/81>
- Tiburcio Verdugo, P. H. (2008). *Arquitectura vernácula y diseño: adecuación del espacio habitable en la ciudad de Nogales, Sonora*. Colegio de Sonora.
- Torres Cisneros, P. y Ramos Escobar, N. (2020). La industria inmobiliaria en la extensión urbana del territorio. *Topofilia*, (20), 193–204. <https://topofilia.buap.mx/index.php/topofilia/article/view/87>
- Troncoso, K. & Segurado, P. & Aguilar, Margarita & Soares da Silva, Agnes, 2019. “Adoption of LPG for cooking in two rural communities of Chiapas, Mexico,” *Energy Policy, Elsevier*, 133(C).
- Zafra Pinacho, D. y Gastéllum Alvarado, J. M. (2015). Catálogo de la vivienda vernácula en el estado de Oaxaca. Caso: distrito de Tlacolula. *Estudios sobre conservación, restauración y museología*, 2. <https://www.revistas.inah.gob.mx/index.php/estudiosconservacion/article/view/5474/0>

Aplicaciones de sostenibilidad. Educación, innovación, movilidad y hábitat

Se terminó de editar en junio de 2026

en los talleres de Astra Ediciones

Av. Acueducto No. 829

Colonia Santa Margarita, C. P. 45140

Zapopan, Jalisco, México.

33 38 34 82 36

E-mail: edicion@astraeditorial.com.mx

www.astraeditorialshop.com

Impresión digital con interiores en papel bond de 75 g.

El tiraje consta de 300 ejemplares

El libro reúne reflexiones, diagnósticos y propuestas que emergen desde distintas realidades locales y regionales, pero que dialogan con problemáticas globales. A través de sus páginas, el lector encontrará estudios que no solo analizan críticamente los retos, sino que también ofrecen soluciones creativas, viables y contextualizadas.

De manera atinada, la obra se estructura por ejes temáticos que facilitan la lectura.

ISBN: 978-607-8964-42-0



Consulta y descarga



**Universidad
Autónoma
de Nayarit**

